



# L'impact du protocole d'hydratation "à la soif" sur la natrémie des coureurs de l'ultra-trail du Mont Blanc 2015

Jean-Luc Le Masle-Lastiolas

## ► To cite this version:

Jean-Luc Le Masle-Lastiolas. L'impact du protocole d'hydratation "à la soif" sur la natrémie des coureurs de l'ultra-trail du Mont Blanc 2015. Médecine humaine et pathologie. 2015. dumas-01293888

**HAL Id: dumas-01293888**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01293888>**

Submitted on 25 Mar 2016

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



**THESE D'EXERCICE EN MEDECINE**

**en vue de l'obtention du grade de Docteur en médecine**

Par

**Mr Jean-Luc LE MASLE-LASTIOLAS**

Né le 23/05/1987 à Grenoble

**L'IMPACT DU PROTOCOLE D'HYDRATATION « A LA SOIF » SUR LA NATREMIE DES COUREURS DE L'ULTRA-TRAIL DU MONT BLANC® 2015**

Présenté et soutenue le vendredi 13 novembre 2015

Président de jury: Monsieur le Professeur Jacques Levrault  
Directeur de thèse: Monsieur le Docteur Patrick Basset

Assesseurs: Monsieur le Professeur Gilles Bernardin  
Monsieur le Professeur Vincent Esnault



## UNIVERSITÉ NICE-SOPHIA ANTIPOLIS

### FACULTÉ DE MÉDECINE

Liste des professeurs au 1er septembre 2015 à la Faculté de Médecine de Nice

**Doyen** M. BAQUÉ Patrick

**Vice-Doyen** M. BOILEAU Pascal

**Assesseurs** M. ESNAULT Vincent  
M. CARLES Michel  
Mme BREUIL Véronique  
M. MARTY Pierre

**Conservateur de la bibliothèque** Mme DE LEMOS Annelise

**Directrice administrative des services** Mme CALLEA Isabelle

**Doyens Honoraires** M. AYRAUD Noël  
M. RAMPAL Patrick  
M. BENCHIMOL Daniel

#### Professeurs Honoraires

M. BALAS Daniel  
M. BATT Michel  
M. BLAIVE Bruno  
M. BOQUET Patrice  
M. BOURGEON André  
M. BOUTTÉ Patrick  
M. BRUNETON Jean-Noël  
Mme BUSSIERE Françoise  
M. CAMOUS Jean-Pierre  
M. CHATEL Marcel  
M. COUSSEMENT Alain  
M. DARCOURT Guy  
M. DELLAMONICA Pierre  
M. DELMONT Jean  
M. DEMARD François  
M. DOLISI Claude  
M. FRANCO Alain  
M. FREYCHET Pierre  
M. GÉRARD Jean-Pierre  
M. GILLET Jean-Yves  
M. GRELLIER Patrick  
M. HARTER Michel  
M. INGLESAKIS Jean-André

M. LALANNE Claude-Michel  
M. LAMBERT Jean-Claude  
M. LAZDUNSKI Michel  
M. LEFEBVRE Jean-Claude  
M. LE BAS Pierre  
M. LE FICHOUX Yves  
Mme LEBRETON Elisabeth  
M. LOUBIERE Robert  
M. MARIANI Roger  
M. MASSEYEFF René  
M. MATTEI Mathieu  
M. MOUIEL Jean  
Mme MYQUEL Martine  
M. OLLIER Amédée  
M. ORTONNE Jean-Paul  
M. SAUTRON Jean Baptiste  
M. SCHNEIDER Maurice  
M. SERRES Jean-Jacques  
M. TOUBOL Jacques  
M. TRAN Dinh Khiem  
M. VAN OBERGHEN Emmanuel  
M. ZIEGLER Gérard

**PROFESSEURS ASSOCIÉS**

M	COYNE John	Anatomie et Cytologie (42.03)
M.	GARDON Gilles	Médecine Générale
Mme	PACZESNY Sophie	Hématologie (47.01)
Mme	POURRAT Isabelle	Médecine Générale

**MAITRES DE CONFÉRENCES ASSOCIÉS**

M	BALDIN Jean-Luc	Médecine Générale
M.	DARMON David	Médecine Générale
Mme	MONNIER Brigitte	Médecine Générale
M.	PAPA Michel	Médecine Générale

**PROFESSEURS CONVENTIONNÉS DE L'UNIVERSITÉ**

M.	BERTRAND François	Médecine Interne
M.	BROCKER Patrice	Médecine Interne Option Gériatrie
M.	CHEVALLIER Daniel	Urologie
Mme	FOURNIER-MEHOUAS Manuella	Médecine Physique et Réadaptation
M.	JAMBOU Patrick	Coordination prélèvements d'organes
M.	QUARANTA Jean-François	Santé Publique



**PROFESSEURS DEUXIEME CLASSE (suite)**

M.	IANNELLI Antonio	Chirurgie Digestive (52.02)
M.	JEAN BAPTISTE Elixène	Chirurgie vasculaire (51.04)
M.	JOURDAN Jacques	Chirurgie Thoracique et Cardiovasculaire (51.03)
M.	LEVRAUT Jacques	Anesthésiologie et Réanimation Chirurgicale (48.01)
M.	PASSERON Thierry	Dermato-Vénéréologie (50-03)
M.	PICHE Thierry	Gastro-entérologie (52.01)
M.	ROGER Pierre-Marie	Maladies Infectieuses ; Maladies Tropicales (45.03)
M.	ROHRLICH Pierre	Pédiatrie (54.01)
M.	RUIMY Raymond	Bactériologie-virologie (45.01)
Mme	SACCONI Sabrina	Neurologie (49.01)
M.	SADOUL Jean-Louis	Endocrinologie, Diabète et Maladies Métaboliques (54.04)
M.	TROJANI Christophe	Chirurgie Orthopédique et Traumatologique (50.02)
M.	VENISSAC Nicolas	Chirurgie Thoracique et Cardiovasculaire (51.03)

**PROFESSEUR DES UNIVERSITÉS**

M.	HOFLIGER Philippe	Médecine Générale
----	-------------------	-------------------

**PROFESSEURS AGRÉGÉS**

Mme	LANDI Rebecca	Anglais
Mme	ROSE Patricia	Anglais

**MAITRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS**

Mme	ALUNNI Véronique	Médecine Légale et Droit de la Santé (46.03)
M.	AMBROSETTI Damien	Cytologie et Histologie (42.02)
Mme	BANNWARTH Sylvie	Génétique (47.04)
M.	BENOLIEL José	Biophysique et Médecine Nucléaire (43.01)
Mme	BERNARD-POMIER Ghislaine	Immunologie (47.03)
Mme	BUREL-VANDENBOS Fanny	Anatomie et Cytologie pathologiques (42.03)
M.	DOGLIO Alain	Bactériologie-Virologie (45.01)
M.	DOYEN Jérôme	Radiothérapie (47.02)
M.	FAVRE Guillaume	Néphrologie (52.03)
M.	FOSSE Thierry	Bactériologie-Virologie-Hygiène (45.01)
M.	GARRAFFO Rodolphe	Pharmacologie Fondamentale (48.03)
Mme	GIOVANNINI-CHAMI Lisa	Pédiatrie (54.01)
Mme	HINAULT Charlotte	Biochimie et biologie moléculaire (44.01)
Mme	LEGROS Laurence	Hématologie et Transfusion (47.01)
Mme	MAGNIÉ Marie-Noëlle	Physiologie (44.02)
Mme	MOCERI Pamela	Cardiologie (51.02)
Mme	MUSO-LASSALLE Sandra	Anatomie et Cytologie pathologiques (42.03)
M.	NAÏMI Mourad	Biochimie et Biologie moléculaire (44.01)
M.	PHILIP Patrick	Cytologie et Histologie (42.02)
Mme	POMARES Christelle	Parasitologie et mycologie (45.02)
M.	ROUX Christian	Rhumatologie (50.01)
M.	TESTA Jean	Épidémiologie Économie de la Santé et Prévention (46.01)
M.	TOULON Pierre	Hématologie et Transfusion (47.01)



### PROFESSEURS PREMIERE CLASSE

Mme	ASKENAZY-GITTARD Florence	Pédopsychiatrie (49.04)
M.	BAQUÉ Patrick	Anatomie - Chirurgie Générale (42.01)
M.	BÉRARD Étienne	Pédiatrie (54.01)
M.	BERNARDIN Gilles	Réanimation Médicale (48.02)
M.	BONGAIN André	Gynécologie-Obstétrique (54.03)
M.	CASTILLO Laurent	O.R.L. (55.01)
Mme	CRENESSE Dominique	Physiologie (44.02)
M.	DE PERETTI Fernand	Anatomie-Chirurgie Orthopédique (42.01)
M.	DRICI Milou-Daniel	Pharmacologie Clinique (48.03)
M.	ESNAULT Vincent	Néphrologie (52-03)
M.	FERRARI Émile	Cardiologie (51.02)
M.	FERRERO Jean-Marc	Cancérologie ; Radiothérapie (47.02)
M.	GIBELIN Pierre	Cardiologie (51.02)
M.	GUGENHEIM Jean	Chirurgie Digestive (52.02)
Mme	ICHAÏ Carole	Anesthésiologie et Réanimation Chirurgicale (48.01)
M.	LONJON Michel	Neurochirurgie (49.02)
M.	MARQUETTE Charles-Hugo	Pneumologie (51.01)
M.	MOUNIER Nicolas	Cancérologie, Radiothérapie (47.02)
M.	PADOVANI Bernard	Radiologie et Imagerie Médicale (43.02)
Mme	PAQUIS Véronique	Génétique (47.04)
M.	PRADIER Christian	Épidémiologie, Économie de la Santé et Prévention (46.01)
M.	RAUCOULES-AIMÉ Marc	Anesthésie et Réanimation Chirurgicale (48.01)
Mme	RAYNAUD Dominique	Hématologie (47.01)
M.	ROSENTHAL Éric	Médecine Interne (53.01)
M.	SCHNEIDER Stéphane	Nutrition (44.04)
M.	STACCINI Pascal	Biostatistiques et Informatique Médicale (46.04)
M.	THOMAS Pierre	Neurologie (49.01)
M.	TRAN Albert	Hépatogastro-entérologie (52.01)

### PROFESSEURS DEUXIEME CLASSE

M.	ALBERTINI Marc	Pédiatrie (54.01)
Mme	BAILLIF Stéphanie	Ophtalmologie (55.02)
M.	BAHADORAN Philippe	Cytologie et Histologie (42.02)
M.	BARRANGER Emmanuel	Gynécologie Obstétrique (54.03)
M.	BENIZRI Emmanuel	Chirurgie Générale (53.02)
M.	BENOIT Michel	Psychiatrie (49.03)
Mme	BLANC-PEDEUTOUR Florence	Cancérologie – Génétique (47.02)
M.	BREAUD Jean	Chirurgie Infantile (54-02)
Mlle	BREUIL Véronique	Rhumatologie (50.01)
M.	CANIVET Bertrand	Médecine Interne (53.01)
M.	CARLES Michel	Anesthésiologie Réanimation (48.01)
M.	CASSUTO Jill-Patrice	Hématologie et Transfusion (47.01)
M.	CHEVALLIER Patrick	Radiologie et Imagerie Médicale (43.02)
Mme	CHINETTI Giulia	Biochimie-Biologie Moléculaire (44.01)
M.	DELOTTE Jérôme	Gynécologie-obstétrique (54.03)
M.	DUMONTIER Christian	Chirurgie plastique
M.	FONTAINE Denys	Neurochirurgie (49.02)
M.	FOURNIER Jean-Paul	Thérapeutique (48-04)
M.	FREDENRICH Alexandre	Endocrinologie, Diabète et Maladies métaboliques (54.04)
Mlle	GIORDANENGO Valérie	Bactériologie-Virologie (45.01)
M.	GUÉRIN Olivier	Gériatrie (48.04)
M.	HANNOUN-LEVI Jean-Michel	Cancérologie ; Radiothérapie (47.02)

**M.C.A. Honoraire**

Mlle ALLINE Madeleine

**M.C.U. Honoraires**

M. ARNOLD Jacques  
 M. BASTERIS Bernard  
 Mlle CHICHMANIAN Rose-Marie  
 Mme DONZEAU Michèle  
 M. EMILIOZZI Roméo  
 M. FRANKEN Philippe  
 M. GASTAUD Marcel  
 M. GIRARD-PIPAU Fernand  
 M. GIUDICELLI Jean  
 M. MAGNÉ Jacques  
 Mme MEMRAN Nadine  
 M. MENGUAL Raymond  
 M. POIRÉE Jean-Claude  
 Mme ROURE Marie-Claire

**PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE**

M.	AMIEL Jean	Urologie (52.04)
M.	BENCHIMOL Daniel	Chirurgie Générale (53.02)
M.	BOILEAU Pascal	Chirurgie Orthopédique et Traumatologique (50.02)
M.	DARCOURT Jacques	Biophysique et Médecine Nucléaire (43.01)
M.	DESNUELLE Claude	Biologie Cellulaire (44.03)
Mme	FULLER-ZIEGLER Liana	Rhumatologie (50.01)
M.	FENICHEL Patrick	Biologie du Développement et de la Reproduction (54.05)
M.	FUZIBET Jean-Gabriel	Médecine Interne (53.01)
M.	GASTAUD Pierre	Ophthalmologie (55.02)
M.	GILSON Éric	Biologie Cellulaire (44.03)
M.	GRIMAUD Dominique	Anesthésiologie et Réanimation Chirurgicale (48.01)
M.	HASSEN KHODJA Reda	Chirurgie Vasculaire (51.04)
M.	HÉBUTERNE Xavier	Nutrition (44.04)
M.	HOFMAN Paul	Anatomie et Cytologie Pathologiques (42.03)
M.	LACOUR Jean-Philippe	Dermato-Vénéréologie (50.03)
M.	MARTY Pierre	Parasitologie et Mycologie (45.02)
M.	MICHIELS Jean-François	Anatomie et Cytologie Pathologiques (42.03)
M.	MOUROUX Jérôme	Chirurgie Thoracique et Cardiovasculaire (51.03)
M.	PAQUIS Philippe	Neurochirurgie (49.02)
M.	PRINGUEY Dominique	Psychiatrie d'Adultes (49.03)
M.	QUATREHOMME Gérard	Médecine Légale et Droit de la Santé (46.03)
M.	M.ROBERT Philippe	Psychiatrie d'Adultes (49.03)
M.	SANTINI Joseph	O.R.L. (55.01)
M.	THYSS Antoine	Cancérologie, Radiothérapie (47.02)

## **REMERCIEMENTS:**

### **Au Professeur Levraut,**

Merci de nous faire l'honneur de présider ce jury. Votre aide et votre collaboration à la réalisation de cette étude furent précieuses. La disponibilité et le soutien dont vous faite preuve auprès de vos internes est un exemple pour tous, je suis particulièrement honoré d'avoir été admis au sein du Desc de médecine d'urgence. Soyez assuré de mes plus sincères remerciements.

### **Au Professeur Bernardin,**

Merci de nous faire l'honneur de participer à ce jury, votre implication dans la réanimation médicale rendait votre présence indispensable. J'espère que ce travail saura répondre à vos attentes. Soyez assuré de nos sincères remerciements.

### **Au Professeur Esnault,**

Vous nous avez fait l'honneur de participer à ce jury. Votre investissement dans l'enseignement lors de mon passage en néphrologie fut particulièrement utile et votre implication dans la formation des internes est appréciée de tous. Soyez assuré de l'expression de notre reconnaissance.

### **Au Docteur Basset,**

Merci de m'avoir fait l'honneur de diriger ma thèse. Je suis conscient de la chance exceptionnelle d'avoir été aidé par un directeur de thèse avec tant de qualités. J'espère que nous aurons apporté notre pierre à l'édifice de la recherche dans le sport d'ultra-endurance. Sois assuré de toute mon estime et de ma reconnaissance.



*A ma mère et à Momo,* personnes hors du commun, pour leurs parcours et le mien. Merci de m'avoir transmis le goût d'apprendre et d'avoir toujours été présents.

*A Charlotte,* pour l'amour que nous nous portons, merci d'avoir tenu bon durant toutes ces années.

*A ma grand mère, mon frère et ma soeur,* pour votre joie de vivre, votre soutien, et tous ces bons moments passés ensemble.

*A Lele et Yvon,* pour votre aide, vos pains con tomate et mon cahier de vacances.

*A Isabelle, Thierry, Maud, Jérôme, Juliette, Caline, Jean-Pierre, Minouche et Bedouche* pour votre générosité et pour m'avoir accueilli les bras ouverts.

*A Diégo, Dorothée et Marc Chaton,* pour leur amitié sans faille. J'espère de tout coeur que nous fabriquerons autant de souvenirs que nous n'en avons déjà.

*Aux personnes sans qui cette étude n'aurait pas été possible,* et une mention particulière à Adrien, Pierre, Marc, Charlotte, Fanfan et Olivier pour les 72 heures d'insomnies lors de la course.

*A Léo, Dan, Z, Sofian, Marie, Isabelle, Greg, Thomas* pour ces années d'études incroyables. Si c'était à refaire, je ne changerais rien.

*A la clique des Niçois, Joe, Tommy, Pierre-Louis, Max, Lavi et Raph* pour ces longues soirées d'hiver.

**A Stanislas et Thomas,** pour leur amitié et leur soutien tout au long de ces années de travail.

**A mes cointernes de folie,** Alex, François, Annabelle, Andréa et à la team St Roch et Pasteur 2 pour m'avoir soutenu et soulagé dans l'élaboration de ce projet. Nous garderons à jamais le souvenir du déménagement d'un service d'accueil des urgences.

**A Eliane Gouteix, Claude Koubi, Jean-Philippe Fosse** et à toute l'équipe du service de réanimation des Sources, pour tout ce que vous m'avez appris et pour ces six mois exceptionnels.

**A Ahmed Jeribi, Laetitia Albano, Elisabeth Cassuto** pour votre sympathie, votre pédagogie et pour tous ces midis diététiques.

**A Nicolas Amoretti,** pour ton savoir, ton altruisme et pour m'avoir accueilli aussi simplement.

**A Laurent Prioux et Pauline Foti,** pour votre bonne humeur au sein du DIU d'échographie.

**A Hichem Chenaitia,** pour ta sympathie et pour m'avoir ouvert les portes de tes connaissances.

## TABLE DES MATIERES

### **I. INTRODUCTION .....13**

1.	<u>L'hyponatrémie liée à l'effort</u> .....	13
1.1	<u>Epidémiologie</u> .....	13
1.1.1	<u>L'hyponatrémie liée à l'effort asymptomatique</u> .....	14
1.1.2	<u>L'hyponatrémie liée à l'effort symptomatique</u> .....	15
1.2	<u>Les facteurs de risques</u> .....	16
1.3	<u>La physiopathologie</u> .....	18
1.3.1	<u>La forme hypervolémique ou euvolémique</u> .....	19
1.3.2	<u>La forme hypovolémique</u> .....	20
1.3.3	<u>Le rôle de la soif</u> .....	21
1.3.4	<u>Classification clinique de l'HLE</u> .....	22
2.	<u>Etat actuel des connaissances et rationnel de l'étude</u> .....	24

### **II. PROTOCOLE ET METHODE .....27**

1.	<u>Informations générales</u> .....	27
1.1	<u>Identification</u> .....	27
1.2	<u>Liste des investigateurs de l'étude</u> .....	28
2.	<u>Objectifs de l'étude</u> .....	28
2.1	<u>Objectif principal</u> .....	28
2.2	<u>Objectifs secondaires</u> .....	29
3.	<u>Conception méthodologique de l'étude</u> .....	29
3.1	<u>Type d'essai et caractéristiques</u> .....	29
3.2	<u>Critères d'évaluation</u> .....	32
3.3	<u>Variables nécessaires pour la description de la population</u> ..	32
3.4	<u>Les visites et examens prévus</u> .....	32
3.5	<u>Indemnisation des participants</u> .....	33
3.6	<u>Description des paramètres d'évaluation</u> .....	34
4.	<u>Sélection et exclusion des volontaires sains</u> .....	35
4.1	<u>Description de la population étudiée</u> .....	35
4.2	<u>Critères d'inclusion des coureurs volontaires</u> .....	35
4.3	<u>Critères de non-inclusion des coureurs volontaires</u> .....	36



4.4	<u>Durée prévue de participation</u>	37
5.	<u>Traitements utilisés chez les coureurs volontaires</u>	38
5.1	<u>Description de tout dispositif médical utilisé</u>	38
6.	<u>Faisabilité</u>	38
6.1	<u>Gestion des sujets</u>	38
6.1.1	<u>Nombre prévu de personnes à inclure</u>	38
6.1.1.1	<u>Justification statistique</u>	38
6.1.1.2	<u>Estimation de la capacité de recrutement</u>	39
6.1.2	<u>Méthodes utilisées pour minimiser les biais</u>	39
6.1.2.1	<u>Le tirage au sort</u>	39
6.1.2.2	<u>Les méthodes de mise en insu</u>	40
6.1.2.3	<u>Les méthodes pour éviter le biais d'attrition</u>	40
7.	<u>Statistiques</u>	40
7.1	<u>Description des méthodes statistiques</u>	40
7.1.1	<u>Description de la population incluse</u>	40
7.1.2	<u>Analyse statistique</u>	41
7.1.2.1	<u>Vérification de la comparabilité des groupes</u>	41
7.1.2.2	<u>Analyse du critère de jugement principal</u>	41
7.1.2.3	<u>Analyse des critères de jugement secondaires</u>	42
7.2	<u>Degré de signification prévu</u>	42

### **III. RESULTATS .....43**

1.	<u>Descriptif de l'évolution de la population</u>	43
2.	<u>Caractéristiques des volontaires sains</u>	45
2.1	<u>Données d'inclusion et caractéristiques pré-course</u>	45
2.2	<u>Données d'entraînement pré-course</u>	48
2.3	<u>Caractéristiques post-course</u>	53
2.4	<u>Critères de corrélation</u>	55
2.4.1	<u>Comparabilité des groupes à l'inclusion</u>	55
2.4.2	<u>Corrélation des variations de natrémies</u>	56
2.5	<u>Données sur les crampes musculaires</u>	58
2.6	<u>Événements indésirable grave</u>	59

<b>IV.</b>	<b><u>DISCUSSION</u></b> .....	<b>60</b>
1.	<u>Comparaison aux données de la littérature</u> .....	60
2.	<u>L'impact des conditions de course de l'édition 2015</u> .....	66
3.	<u>Limites de l'étude</u> .....	70
4.	<u>Un vaste domaine de recherche pour de futures études</u> .....	71
<b>V.</b>	<b><u>CONCLUSION</u></b> .....	<b>72</b>
<b>VI.</b>	<b><u>BIBLIOGRAPHIE</u></b> .....	<b>73</b>
<b>VII.</b>	<b><u>ANNEXES</u></b> .....	<b>82</b>
<b>VIII.</b>	<b><u>SERMENT D'HIPPOCRATE</u></b> .....	<b>90</b>

# I. INTRODUCTION

## 1. L'hyponatrémie liée à l'effort

L'hyponatrémie liée à l'exercice (HLE) est définie par une concentration de sodium dans le sang inférieure aux normales de référence du laboratoire survenant lors d'une activité physique ou dans les 24 heures après la cessation de l'activité. Pour la majorité des laboratoires d'analyse, cette valeur minimale est de 135 mmol/L. Les principaux déterminants de la natrémie sont les contenus totaux de sodium et potassium échangeables relativement à l'eau totale corporelle. Par ce rapport, l'hyponatrémie peut résulter d'une perte de ces ions, d'un excès relatif d'eau totale corporelle ou encore d'une combinaison des deux.<sup>16 17</sup> Cependant, dans la plupart des situations cliniques, le facteur principal de développement de l'hyponatrémie est un excès relatif d'eau totale corporelle<sup>18 19</sup>. Les symptômes associés à l'HLE dépendent de l'amplitude de chute de la natrémie mais aussi du taux minimum de natrémie atteinte. L'HLE peut apparaître si le taux de décroissance de la natrémie atteint 7 à 10% en moins de 24 heures.<sup>20</sup> Cependant, des hyponatrémies plus sévères (typiquement inférieures à un taux de 125 mmol/L), tout autant que des variations plus modestes (entre 125 et 130 mmol/L) mais développées sur de courtes périodes, peuvent être associées aux symptômes de l'hyponatrémie liée à l'effort.<sup>21</sup>

### 1.1 Epidémiologie

L'HLE peut survenir sous deux formes: asymptomatique et symptomatique. Les athlètes asymptomatiques ont été très tôt détectés par les dosages sanguins post-exercice réalisés dans le cadre de protocoles de recherches ou obtenus fortuitement pour d'autres raisons que la suspicion d'HLE. Les athlètes victimes d'une forme symptomatique de l'HLE peuvent présenter des symptômes mi-



neurs et non spécifiques de l'HLE (nausées, tête légère) mais se présente généralement typiquement avec des céphalées, des vomissements et/ou des troubles de conscience résultant d'un oedème cérébral débutant (nommé encéphalopathie liée à l'hyponatrémie associée à l'exercice ou d'acronyme anglophone EAHE) qui pourrait lui même <sup>22 23</sup> ou non <sup>24 25</sup> être associé à un œdème pulmonaire non-cardiogénique mettant en jeu le pronostic vital.

### **1.1.1 L'hyponatrémie liée à l'effort asymptomatique:**

L'incidence de l'HLE asymptomatique est retrouvée dans la littérature entre 0%<sup>30 53</sup> et 51%<sup>54</sup> immédiatement après la course. Dans une des études réalisée à ce sujet sur un ultra-marathon, 67% des participants étaient hyponatrémiques (asymptomatiques) à un moment donné de la course, mais seulement 27% finissaient le parcours avec une natrémie inférieure à 135 mmol/L, 40% de ces coureurs avaient donc corrigés physiologiquement cet état d'hyponatrémie avant la fin de la course. La plus haute incidence reportée d'HLE asymptomatique post-course a été retrouvée lors d'un ultra-marathon de 161 kilomètres et était comprise entre 5% et 51%. <sup>26 54 56</sup> L'incidence de l'HLE asymptomatique sur des Ironman dans différents environnements était retrouvée entre « négligeable » <sup>27</sup> et 18%. <sup>57</sup> Dans les études réalisées sur des cyclistes d'endurance, l'incidence de l'HLE asymptomatique était comprise entre 0% sur une course de 720 kms <sup>30</sup> et 12% sur une course de 109 kms. <sup>28</sup> Sur une course de natation de 26,4 kms, 17% des nageurs avaient développés une HLE asymptomatique. <sup>32</sup> Les incidences retrouvées lors de marathons standards d'une distance de 42,2 kilomètres ont été comprises entre 0% <sup>53</sup> et 13% <sup>58</sup> chez les finishers.

### 1.1.2 L'hyponatrémie associée à l'effort symptomatique:

L'HLE symptomatique est beaucoup moins fréquente que l'HLE asymptomatique, cependant les complications associées à l'HLE symptomatique ont abouti à au moins 14 décès d'athlètes retrouvés dans la littérature depuis 1981.<sup>33 38 47 50 61-69</sup> L'HLE symptomatique apparaît généralement sur des cas isolés durant une course d'endurance ou après l'arrivée dans les 24 heures. Les coureurs se présentent alors à l'assistance médicale de la course ou directement au service d'accueil des urgences local pour des symptômes variés allant de simple mal-être aux convulsions. Les cas d'HLE symptomatiques surviennent dans des conditions variées d'endurance: entraînement militaire, marathons, Ironman, ultra-marathons, natation longue distance ...

L'incidence de l'HLE symptomatique fut retrouvée respectivement à 23%<sup>57</sup> et 38%<sup>70</sup> chez les athlètes consultant au service médical d'un Ironman et d'un ultra-marathon. Cependant, la plupart des événements d'endurance ne retrouvent pas ces cas d'HLE symptomatiques, surtout dans les « courtes » distances type marathon ou en-dessous. Deux études ont largement examinées des compilations de données afin de définir l'incidence des HLE symptomatiques et asymptomatiques.<sup>55 71</sup> Dans la première étude comportant 2135 athlètes sur 8 courses d'endurance d'une distance allant de 42,2 à 161 kms,<sup>71</sup> l'incidence de l'HLE symptomatique était de 1% (contre 6% d'HLE asymptomatique). Dans la seconde étude incluant 669 ultra-marathonniens de 161 kms,<sup>55 72</sup> seulement un cas (0,1% des participants) a présenté une HLE symptomatique durant les 5 années d'échantillonnage (contre 13% d'HLE asymptomatique), mais en considérant le nombre total de coureurs sur cette période, l'incidence actuelle d'HLE symptomatique serait d'environ 0,06%.

De manière alarmante, l'HLE symptomatique est maintenant retrouvée dans diverses activités. Pour le moment, celle-ci fut aussi retrouvée sur des distances de courses plus courtes comme les semi-marathons<sup>79</sup> et les triatlons<sup>80</sup>,

et surtout chez les coureurs les plus lents terminant la course entre 2 et 3 heures. Enfin, l'HLE symptomatique fut aussi retrouvée dans des sports qui ne sont pas véritablement considérés comme de véritables sports d'endurance: chez les joueurs de football américain professionnels <sup>40 41</sup> (3 décès entre 2008 et 2014 <sup>63,64,69</sup>), chez un joueur de boulingrin de 48 ans (atteint de la mutation hétérozygote du gène Delta F508 cystic fibrosis CF ), chez une femme de 34 ans en pleine séance de Bikram Yoga, chez une femme de 39 ans suivant un cours intensif de 2 heures de tennis et de fitness et enfin chez un policier de 25 ans participant à un entraînement de 19 km de cyclisme. Il faut noter que des cas d'HLE symptomatiques ont été retrouvés par deux laboratoires d'études indépendants effectuant des dosages au cours d'un effort de faible intensité mais à haute température. <sup>84,85</sup> Il est probable qu'un nombre plus important d'HLE symptomatiques soit survenus sans avoir été reconnus et publiés dans la littérature.

## 1.2 Les facteurs de risques

Le facteur le plus important est le volume excessif de fluide ( eau pure, boissons sportives ou autres fluides hypotoniques ) apporté durant l'activité mis en rapport avec le volume des pertes liées à la sudation, la respiration et la fonction rénale qui induit une balance positive au fil de du temps de course. <sup>86,87</sup> Presque la totalité des cas d'HLE symptomatiques sont apparues chez des individus qui avaient pris du poids ou maintenus leur poids corporel durant l'activité alors qu'une perte de poids représente une balance de fluide rationnelle et une euhydratation. <sup>71,72</sup> Une perte de poids inférieure à 0,75 kg après un marathon <sup>35</sup> et inférieure à 1% après un match de rugby de 80 minutes <sup>59</sup> ont été associées avec une HLE symptomatique.



Toutes les boissons « sportives » sont hypotoniques par rapport au plasma sanguin ( la concentration en sodium de ces boissons étant en moyenne de 10-38 mmol/L <sup>88</sup> ); le volume excessif de fluide consommé va donc à l'encontre des effets « protecteurs » recherchés des boissons d'efforts sodées quant au maintien d'une natrémie normale sur des efforts de longue durée. <sup>89,90</sup> De manière plus pratique, ce sont d'une part les coureurs les plus petits, d'autre part les coureurs les plus lents (qui boivent donc plus au long de la course) qui sont les plus à risques de développer une HLE symptomatique. Il faut noter aussi que l'incidence de l'HLE est plus importante chez les femmes que chez les hommes, <sup>38,58,61</sup> mais cette différence ajustée à l'indice de masse corporel (IMC) et au temps de course, n'a pas été retrouvée comme statistiquement significative. <sup>58</sup>

Les anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS) ont aussi été impliqués comme facteur de risque de développement de l'HLE symptomatique.<sup>38,91,92</sup> Ils potentialiseraient les effets de l'arginine vasopressine (AVP) sur la rétention d'eau au niveau du tube collecteur. <sup>93,94</sup> Cependant, les données sont contradictoires, <sup>26,58,61</sup> et d'autres études sont nécessaires pour déterminer si l'utilisation d'AINS durant la course est un facteur de risque d'HLE symptomatique.

Les possibles contributions physiopathologiques de la maladie rénale chronique <sup>95</sup>, de régime pauvre en minéraux <sup>96-98</sup> sur la rétention d'eau, des hautes concentrations de sodium dans la sueur <sup>99</sup> dans des environnements extrêmes, et la potentialisation de la soif par des stimuli non-osmotiques durant l'exercice <sup>72,100-103</sup> nécessitent d'autres investigations avant de pouvoir les définir comme facteurs de risques secondaires de l'HLE symptomatique. De la même manière, les thérapeutiques connues dans la population générale pour être associées au risque d'hyponatrémie et au syndrome de sécrétion inapproprié d'hormone anti-diurétique (SIADH), comme les inhibiteurs sélectifs de recapture de la sérotonine (IRSS), doivent faire l'objet d'études dans le futur pour déterminer leur action ou non sur le risque de développement de l'HLE symptomatique.

Il y a pour l'instant un manque de preuve sur le fait que les personnes développant des HLE symptomatiques ont toujours été des « sueurs salés » ( « salty

sweater » )<sup>99,105</sup> ou qu'ils soient porteurs hétérozygotes Delta F 508 CF.<sup>106</sup> Les athlètes homozygotes Delta F 508 CF sont cependant à risque de développement d'hyponatrémies durant un exercice physique prolongé.<sup>105,107</sup> ou après exposition prolongée à de hautes températures.<sup>108-110</sup> Ces individus CF ont une médiane de survie en 2012 à 41,1 ans<sup>111</sup> et sont encouragés à considérer l'exercice comme l'une de leur thérapie,<sup>112</sup> cette population pourrait ainsi être à risque de développement d'HLE symptomatique due à la combinaison du volume de perte par la sudation et de la forte concentration en sodium dans la sueur.

### 1.3 La physiopathologie

La physiopathologie prédominante de l'HLE est celle d'une hyponatrémie de dilution causée par l'hyper-hydratation et l'AVP induisant une diminution de la clairance, et qui limite les capacités rénales à entretenir une diurèse suffisante pour compenser l'excès d'hydratation. L'hyponatrémie de dilution est la physiopathologie principale de la forme symptomatique de l'HLE et largement (si ce n'est pas exclusivement) associée avec les cas reportés de morbidité et mortalité liée à l'HLE. L'HLE de dilution est un début aigu d'hyponatrémie, qui apparaît maintenant aussi dans les sports de non-endurance avec 3 décès reportés récemment chez des joueurs de football Américain.<sup>63,64,69</sup> Ces joueurs étaient encouragés à boire de grands volumes de fluides hypotoniques et de boissons sportives dans l'hypothèse de réduire l'apparition de crampes musculaires associées à l'effort (CMAE),<sup>63,64,69</sup> et avec la croyance que les CMAE étaient causées par la déshydratation et le déséquilibre ionique.<sup>113</sup> Cependant, des études expérimentales<sup>114,115</sup> et observationnelles<sup>116,117</sup> montraient que l'hypothèse que les CMAE puissent être le reflet neurologique de la fatigue musculaire semblait supérieure à l'hypothèse des pertes non compensées d'eau et de sodium durant

l'exercice . Les crampes musculaires ont aussi été associées avec l'hyper-hydratation et l'hyponatrémie chez les athlètes, <sup>82,100,118,119</sup> dans des études cliniques <sup>120</sup> et sur l'animal. <sup>121</sup>

Les symptômes associés à l'HLE sont dus aux variations osmotiques dans le compartiment intra-cellulaire. Dans l'espace confiné de la boîte crânienne, ces variations au sein du système nerveux central mènent à un œdème cellulaire et à l'augmentation des pathologies liées à l'hypertension intra-crânienne. Dans les situations aiguës, ceci peut se manifester par les symptômes décrits précédemment pouvant aller jusqu'à l'engagement et le décès.

### **1.3.1 La forme euvolémique ou hypervolémique:**

L'augmentation du volume total d'eau corporelle relative au sodium total échangeable est la principale physiopathologie de l'HAE symptomatique ou non. <sup>34,41,45,52,57,58,61,71,73,75,76,84,119,122-126</sup> L'hyponatrémie de dilution peut être euvolémique (augmentation du volume total d'eau corporelle sans variation du sodium total échangeable ) ou hypervolémique (augmentation du volume d'eau totale corporelle dépassant l'augmentation du sodium total échangeable). Le premier facteur étiologique de cette hyponatrémie de dilution est donc la consommation de fluide dépassant l'ensemble des pertes physiologiques : cutanées, respiratoires, intestinales et bien-sur rénales.

Certains cas ressemblent donc formellement à une « intoxication à l'eau » par hyper-hydratation mais la sécrétion non-osmotique d'AVP est un facteur clé contribuant à l'HLE chez un grand nombre de coureurs symptomatiques. <sup>34,36</sup> Les stimuli non-osmotiques connus induisant la sécrétion d'AVP lors d'un exercice sont les suivants: nausées, vomissements <sup>130</sup> , libération d'interleukin-6 <sup>37</sup> , la diminution du volume plasmatique, la contraction du volume plasmatique<sup>39</sup>, l'hypoglycémie <sup>131</sup>, l'hyperthermie <sup>132</sup> et d'autres médiateurs hormonaux. <sup>42</sup> De plus, de légères augmentation de l'AVP circulante peuvent sensiblement réduire

l'excrétion rénale, <sup>133</sup> il en résulte ainsi une rétention d'eau quand le volume d'hydratation n'excède pas le volume nécessaire pour prévenir une déshydratation excessive, mais aussi quand l'hydratation est bien en excès par rapport au besoin de remplacement du fluide. <sup>49,134</sup>

### **1.3.2 La forme hypovolémique:**

Le débat est encore d'actualité au sujet de la contribution relative de la perte de sodium hypovolémique dans l'HLE. En médecine clinique, la déplétion électrolytique sans expansion du volume total d'eau corporelle qui intervient dans certaines formes d'hyponatrémie est bien décrite. <sup>135-138</sup> Concernant l'HLE, cette variante physiologique a encore du mal à être définie et est beaucoup moins rencontrée excepté lors des événements se déroulant dans des conditions de températures extrêmement chaudes <sup>43,44</sup> et/ou sur une longue période (ultra-marathons). <sup>139</sup> Du point de vue de la littérature, l'hyponatrémie hypovolémique reflète une perte du sodium total échangeable qui se manifeste par une déplétion du volume. L'HLE hypovolémique serait donc prévisible <sup>89</sup> chez les athlètes évoluant sur de longues courses (comme les ultra-marathons de plus de 161 kms et plus de 20 heures) <sup>46,54-56</sup> ou sur des courses très chaudes. <sup>46, 55, 108,109</sup>

La confirmation de la forme hypovolémique de l'HLE repose sur le ionogramme urinaire avec une natrémie urinaire inférieure à 30 mmol/L <sup>136,137,144</sup> associée à une natrémie plasmatique inférieure à 135 mmol/L. Une élévation du BUN (blood urea nitrogen) supérieur à 20 mg/dL <sup>136,139</sup> et une perte de poids pendant la course <sup>55</sup> peuvent aussi suggérer une déplétion du volume plasmatique qui serait contributive au développement de l'HLE.

Toutefois, ces tests biochimiques ne sont bien-sûr pas disponibles lors des courses qui sont souvent réalisées dans des environnements bien éloignés du laboratoire d'analyse et il faudra se fier de manière quasi-exclusive à l'examen

clinique et à la variation de poids corporel pour trouver ses indicateurs de déplétion.

### **1.3.3 Le rôle de la soif:**

Puisque boire des volumes de fluides durant la course excédant les volumes de fluides physiologiquement perdus est le principal mécanisme physiopathologique de développement de l'HLE qu'elle soit asymptomatique, symptomatique ou même compliquée, l'objectif consiste donc en la prévention des participants et à « comment boire moins ? ».

La soif pourrait être un stimulus adéquat pour prévenir une déshydratation excessive et réduire sensiblement le risque de l'HLE et ceci dans tous les sports. Cette sensation de soif est une ligne de conduite physiologique finement régulée par des mécanismes hormonaux permettant d'équilibrer l'osmolalité plasmatique et de maintenir le volume plasmatique. Les osmo-récepteurs intracérébraux péri-ventriculaires sont un véritable organe cérébral et sont des structures hautement vascularisées autour du troisième et quatrième ventricule, caractérisés par l'absence de barrière hémato-encéphalique, ce qui en fait un centre de communication entre le plasma, le parenchyme cérébral et le liquide céphalo-rachidien. Les baro-récepteurs situés au-niveau de l'arche aortique et du sinus carotidien entraînent un signal neurologique « en direct » au niveau central qui coordonne alors simultanément la régulation de la soif et la sécrétion d'AVP.

Cependant, des recommandations ont été très tôt publiées insistant sur le fait de boire avant la soif dans les situations d'efforts ou de températures élevées. Malheureusement, ces conseils trop précoces ont discrédités l'intérêt de la soif qui est devenue un bien pauvre guide dans l'esprit des coureurs, ce qui a facilité l'apparition de l'hyper-hydratation et de l'HLE de dilution.



### 1.3.4 Classification clinique de l'HLE:

Le diagnostic d'HLE est fait quand la natrémie est inférieure aux normes de référence du laboratoire effectuant le test (typiquement inférieur à 135 mmol/L ) et est associée avec une constellation de symptômes dans sa forme symptomatique. Cependant, il semble que l'HLE soit mieux classifiée par la sévérité des signes cliniques que par la valeur absolue de la natrémie, notamment pour guider la stratégie thérapeutique.

L'HLE asymptomatique représente donc seulement un résultat biologique sans symptôme clinique associé. Les coureurs présentant ce type d'HLE peuvent avoir de légères plaintes généralisées mais qui ne sont pas discernables d'un autre coureur, et typiquement ils ne consultent pas l'équipe médicale de la course. Dans une population normale de coureurs, plus de 5% des athlètes testés devrait être en-dehors des normes de natrémie et la moitié d'entre-eux (2,5%) rentrer dans la classe de l'HLE asymptomatique.

L'HLE symptomatique modérée se présente typiquement chez des athlètes présentant des signes non-spécifiques et sans symptômes clairs d'encéphalopathie. Ces athlètes victimes d'HLE modérée doivent avoir des constantes vitales normales et ne doivent pas présenter d'hypotension orthostatique, les symptômes persistant donc après placement en position de Trendelenburg <sup>147</sup>. Les symptômes cliniques d'HLE symptomatique modérée ne sont ni sensibles ni spécifiques mais devraient augmenter le niveau de suspicion du soignant et motiver le dosage de la natrémie d'une manière ou d'une autre. Ces athlètes peuvent toutefois rapidement progresser d'une HLE symptomatique modérée à sévère, mettant alors en jeu leur pronostic vital.

L'HLE symptomatique doit être différenciée des autres pathologies de courses qui peuvent présenter des signes similaires comme le mal aiguë des montagnes, l'hypernatrémie, <sup>149,150</sup> et l'hypotension posturale associée à l'exercice. <sup>148</sup> Il est important pour l'équipe médicale de pratiquer un rapide interroga-

toire et un examen clinique approprié pour tenter d'aboutir à une hypothèse étiologique de ces symptômes non spécifiques. Cependant, les suspicions cliniques d'HLE symptomatiques modérées devraient mener rapidement à un dosage de la natrémie, quand cela est possible.

Il est assez commun pour les coureurs victimes d'HLE symptomatique modérée d'avoir perdu ou maintenu leur poids corporel durant la course.<sup>58,71,72</sup> Cependant, l'HLE symptomatique en présence d'une perte de poids normale a aussi été documentée sur des courses d'ultra-endurances particulièrement chaudes.<sup>55,59</sup> C'est pourquoi, la présence clinique d'une perte de poids ne doit pas exclure l'existence d'une HLE symptomatique. A contrario, une prise ou un maintien du poids corporel initial après la course associé aux signes cliniques l'est une indication formelle pour mesurer la natrémie du coureur afin de confirmer ou d'exclure le diagnostic d'HLE ou de démarrer le traitement empirique de l'HLE symptomatique si les moyens disponibles ne sont pas suffisants et que la natrémie ne peut être confirmée.<sup>72,118,151</sup>

Enfin, l'HLE symptomatique sévère se caractérise par l'apparition de signes neurologiques et de symptômes dues à l'œdème cérébral (convulsions, signes d'hypertension intra-cranienne) liés au gradient osmotique de fluide et de son passage du secteur extra-cellulaire au secteur intra-cellulaire. L'HLE symptomatique sévère pourrait<sup>38</sup> ou non<sup>49-52</sup> être accompagnée de détresse respiratoire par œdème pulmonaire non cardiogénique. L'encéphalopathie liée à l'HLE (EHLE) est une condition qui met en jeu le pronostic vital du coureur et impose une prise en charge urgente en secteur approprié.

## 2. Etat actuel des connaissances et rationnel de l'étude

La pratique sportive de l'ultra-trail est depuis une dizaine d'années en constante augmentation que ce soit en loisir ou en compétition. Ces ultra-trails correspondent à des courses à pied en montagne dont la distance dépasse souvent 170 kilomètres avec un dénivelé positif cumulé pouvant atteindre les 10000 mètres et où le temps de course est le plus souvent limité à 48 heures. Lors d'un ultra-trail, l'apport approprié de fluides et de nutriments est primordial.

Avec des pertes potentielles pouvant atteindre plus de 0,5 à 2 litres par heure,<sup>2</sup> une partie importante du fluide perdu doit être compensé par les apports dans ces efforts prolongés. Cependant, comme nous l'avons vu précédemment l'hyper-hydratation peut contribuer à l'HLE. L'incidence de l'HLE dans ces conditions peut atteindre 51% dans certains ultra-marathons de 161kms.<sup>5</sup> Fort heureusement la plupart de ces hyponatrémies restent asymptomatiques mais 14 décès ont déjà pu être directement attribués aux complications de l'hyponatrémie liée à l'effort<sup>56</sup>.

Il existe plusieurs « stratégies » plus ou moins fondées scientifiquement permettant de prévenir, autant que faire se peut, ces troubles de l'hydratation lors de ces épreuves physiques extrêmes.

L'une d'entre elles consiste à boire « selon un protocole prédéfini », par exemple tous les 5 km, divers solutés allant de l'eau simple à des suppléments commerciaux. Cette méthode est même décrite comme étant la méthode d'hydratation principale des coureurs (44% contre 17% buvant selon leur soif) parmi les participants d'un ultra-marathon de 161kms.<sup>168</sup> D'autres coureurs utilisent même la « quantité d'eau maximum tolérée » comme déterminant de prise de fluide pendant la course, d'autres encore utilisent la coloration des urines pendant la course.<sup>166</sup> Mais ces techniques, parfois associées à des apports de

supplémentation sodée, ont été décrites dans la littérature comme pouvant conduire à des troubles de la natrémie.<sup>150</sup>

Récemment, de par la connaissance de l'HLE, il a été proposé la stratégie dénommée « drink to thirst » qui consiste à ne se fier qu'à la sensation de soif pour conduire sa réhydratation.<sup>51</sup> La natrémie post-course fut retrouvée inversement corrélée au volume de fluide consommé<sup>56</sup> et les coureurs buvant « à la soif » consommaient significativement moins de fluide et avaient un taux moyen de natrémie supérieur (143mmol/l vs 139mmol/l) comparé aux coureurs buvant selon un protocole prédéfini.<sup>51</sup> Ces études ont aussi montré que les coureurs expérimentés buvaient plus « à la soif ». Ces résultats étaient donc en faveur de l'évidence que l'hyponatrémie liée à l'effort est une hyponatrémie de dilution causée par une consommation excessive de fluide hypotonique et que « boire à la soif » était une stratégie d'hydratation prudente.

Toutefois, ces études<sup>56,57,141</sup> ont été menées dans le cadre de la Cradle Mountain Run en plein désert Australien et lors de la Western States Endurance Run dans les déserts d'Amérique de l'Ouest, courses pour lesquelles les conditions de température et d'hygrométrie sont exceptionnelles. La chaleur, qui peut en effet atteindre 39°C, et l'hygrométrie très basse qui y est associée, accroissent les phénomènes de déshydratation.

Si la stratégie d'hydratation « à la soif » au cours de ces courses extrêmes semble intéressante pour prévenir les hyponatrémies post-courses, nous ne savons pas si celle testée par ces études menées dans des conditions particulières comme détaillé plus haut, est applicable à d'autres conditions de courses. Ce d'autant plus qu'il est maintenant reconnu que l'incidence de l'hyponatrémie liée à l'effort augmente significativement avec la température.<sup>55,72</sup>

**En d'autres termes, la stratégie d'hydratation « à la soif » est-elle robuste et applicable quelles que soient les conditions de courses ? En fonction**

des conditions de course cette stratégie apporte-t'elle toujours les bénéfices escomptés ?

Nous proposons dans cette étude de tester les effets sur la natrémie de la stratégie d'hydratation « à la soif » dans des conditions de température et d'hygrométrie différentes telles que rencontrées au cours de l'Ultra-Trail du Mont-Blanc® afin d'élargir son champ d'applicabilité et de préserver la santé des coureurs lors de l'évènement le plus populaire de l'ultra-endurance.



## **II. PROTOCOLE DE L'ETUDE ET METHODE**

### **1. Informations générales**

#### **1.1 Identification:**

##### **NATRITRAIL**

**N° RCB: 2015-A00675-44**

**N° de code du protocole : LOCAL/2015/OM-01**

**N° de version et date du protocole : Version N°0.5 du 24 Avril 2015**

**Type d'appel d'offre : Projet Local**

**Type d'étude : étude prospective, monocentrique, comparative en 2 groupes parallèles**

**Source de financement : DOKEVER/CHU de Nîmes**

**Durée du projet (mois) : 6**

**Nombre total de sujets à inclure : 220**

## 1.2 Liste des investigateurs:

<i>Titre. Prénom NOM</i>	<i>Adresse du centre</i>	<i>Téléphone - Fax - email</i>
<b>Dr. Olivier MARES</b> <i>Investigateur Principal</i> <i>Qualification : Praticien Contractuel</i> <i>Spécialité : Orthopédie</i>	CHU de Nîmes - Hôpital Universitaire Carémeau Service de Chirurgie Ambulatoire Place du Professeur Debré 30029 Nîmes Cedex 09	Tél : 04 66 68.31 55 Fax : 04 66 68 43 04 olivier.mares@chu-nimes.fr RPPS : <b>10100046050</b>
<b>Jean-Luc LE MASLE-LASTIOLAS</b> <i>Collaborateur</i> <i>Qualification : Interne</i> <i>Spécialité : Médecine d'Urgence</i>	Hôpital Saint-Roch SAMU-SMUR 5 Rue Pierre Dévoluy 06006 Nice Cedex 1	Tél : 06 63 81 06 15 lastiolas@gmail.com N° RPPS : NA
<b>Pr. Jacques LEVRAUT</b> <i>Investigateur</i> <i>Qualification :</i> <i>Spécialité : Anesthésie réanimation</i>	Hôpital Saint-Roch SAMU-SMUR 5 Rue Pierre Dévoluy 06006 Nice Cedex 1	Tél : 04 92 03 32 42 levraut.j@chu-nice.fr N° RPPS : <b>10003294922</b>
<b>Dr. Patrick BASSET</b> <i>Investigateur</i> <i>Qualification : Médecin</i> <i>Spécialité : Anesthésie Réanimation</i>	DOKEVER 380 Avenue Saint-André de Codols 30932 Nîmes	Tél : 04 37 49 62 72 Fax : 04 37 49 62 71 p.basset@dokever.com N° RPPS : <b>10003128401</b>

**Tableau 1: Liste des investigateurs**

## 2 Objectifs de la recherche

### 2.1 Objectif principal:

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer l'impact d'un protocole d'hydratation « à la soif » comparativement aux autres protocoles d'hydratation usuels sur l'évolution de la natrémie chez les coureurs de l'Ultra-Trail du Mont-Blanc® 2015.

## **2.2 Objectifs secondaires:**

Les objectifs secondaires de cette étude sont :

- Evaluer le lien de dépendance entre les protocoles d'hydratation et le taux d'abandon.
- Evaluer la corrélation entre variation du poids corporel avant et après course et la natrémie avant et après course.
- Evaluer la variation de la natrémie en fonction des grands types de protocoles d'hydratation usuels.
- Evaluer l'incidence d'évènements indésirables (crampes, symptômes gastro-intestinaux, etc...) en fonction du protocole d'hydratation et de la natrémie.

## **3 Conception méthodologique de l'étude**

### **3.1 Type d'essai et caractéristiques:**

Il s'agit d'une étude prospective, monocentrique, comparative en 2 groupes parallèles (un groupe « hydratation à la soif » [HAS] et un groupe « hydratation usuelle » [HU]) et en simple insu (pour la mesure des critères de jugement natrémie et poids).

L'appartenance au groupe HAS ou HU n'a pas été imposée mais fut dictée par les habitudes de course du coureur.

Les sujets inscrits à l'Ultra-Trail du Mont-Blanc<sup>®</sup> 2015 ont été contactés par email, par moi-même, 2 mois avant la date de la course , à partir des

listes d'inscriptions fournies par les organisateurs de l'évènement; cette démarche a permis de déterminer les volontaires pour participer à l'étude.

Chaque sujet volontaire a fourni par retour de mail les informations suivantes : sexe, catégorie de course (espoir, senior, vétéran) et le type d'hydratation prévu : HAS ou HU.

Deux listes de **volontaires** (HAS et HU) ont été ainsi constituées à 1 mois avant la course: **196 coureurs à la soif (HAS) versus 126 coureurs « selon un autre protocole » ( HU ) étaient volontaires.**

Un total de 220 sujets (110 par groupe) fut **pré inclus** dans cette étude ( voire *justification statistique* pour la taille de l'échantillon ) et les intéressés furent informés 1 mois avant le début de la course.

Le groupe HAS de 110 sujets pré-inclus fut constitué par tirage au sort stratifié sur les variables sexe et catégorie de course, à partir de la liste de volontaires HAS.

Le groupe HU de 110 sujets pré-inclus fut constitué par appariement au groupe HAS (sur les variables sexe et catégorie de course), à partir de la liste de volontaires HU.

Les sujets ont été **inclus** définitivement entre 72 heures et 1 heures avant le départ de la course lors du retrait du dossard et après s'être présenté à un stand dédié et aménagé pour cette recherche (5 médecins et 1 infirmière présents). Ainsi pour chaque coureur participant à l'étude : l'investigateur s'est assuré du respect des critères d'inclusion et de non inclusion pour cette étude puis a délivré une information orale et a remis la note d'information.

Il fut laissé un délai de réflexion suffisant au sujet avant signature du formulaire de consentement.

Le consentement étant recueilli, le code barre situé sur le dossard du coureur fut enregistré (de sorte qu'il indique lors des points de passage et à l'arrivée de la course à la personne bipant les dossards que le coureur est

l'un des volontaires Natrtrail et qu'il faut qu'il se présente à l'arrivée pour les dosages post-course), le questionnaire « pré course » fut administré par un investigateur puis il fut réalisé les mesures suivantes par une IDE ou un médecin : poids et natrémie d'avant course.

La visite de fin de recherche eut lieu :

- A l'arrivée pour les « finishers » (coureur passant la ligne d'arrivée) : le sujet était orienté vers le stand dédié; son poids ainsi que la natrémie étaient évalués ; son temps de course était relevé et le questionnaire post-course administré.
- Si le sujet avait abandonné en course et qu'il était rapatrié sur Chamonix par la structure organisatrice de l'Ultra-Trail du Mont-Blanc®; à son arrivée il était orienté vers le stand dédié ; son poids ainsi que la natrémie étaient évalués ; son temps de course était relevé et le questionnaire post-course administré.
- Si le sujet avait abandonné à Courmayeur et qu'il décidait de récupérer son sac (Courmayeur étant le seul endroit où les coureurs pouvaient récupérer leur sac sans repasser par Chamonix) et de ne pas se rendre au village, il était orienté vers le stand dédié à Courmayeur ; son poids ainsi que la natrémie étaient évalués ; son temps de course était relevé et le questionnaire post-course administré.

La comparaison des groupes « HAS » et « HU » constitue le cadre méthodologique de cette recherche.



### 3.2 Critères d'évaluation

Critère d'évaluation	Unités	Horizon temporel	Objectif
<b>Mesure de la natrémie</b>	<b>mmol/L</b>	<b>Vinc, Vfin</b>	<b>Principal, C</b>
« Finisher »	O/N	Vfin	A
Poids	Kg	Vinc, Vfin	B
Questionnaires pré et post course	Qualit	Vfin	D

**Tableau 2: Critères d'évaluation**

### 3.3 Variables nécessaires pour la description de la population et son suivi

- Sexe M/F
- Age (an)
- Durée de course
- Expérience du coureur (années de pratique, classement à l'UTMB 2014)
- Antécédents ou traitements pouvant avoir un effet sur la natrémie.
- Température moyenne sur la durée de la course (données Météo France)
- Hygrométrie moyenne sur la durée de la course (données Météo France)

### 3.4 Les visites et examens prévus

Les visites suivantes furent réalisées (par ordre chronologique) :

- Visite d'inclusion (Vinc)

- La visite de fin de recherche (Vfin)

	Vinc	Vfin
Chronologie (jours)	J-1	J0-J2
Actes, examens, prélèvements :		
Consultation	✕	✕
Informations générales	✕	✕
Présentation de la note d'information	✕	
Validation des critères d'inclusion et de non-inclusion	✕	
Recueil de consentement éclairé	✕	
Mesure du poids	✕*	✕*
Mesure de la Natrémie	✕*	✕*
Questionnaire pré course	✕*	
Questionnaire post course		✕*
Recueil des événements indésirables	✕	✕

\*Ces examens ne font pas partie de la prise en charge habituelle du sujet et sont propres à la recherche.

**Tableau 3: Visites et examens prévus**

### **3.5 Indemnisation des participants:**

Une indemnisation forfaitaire de 50€ (sous la forme d'un bon d'achat) fut proposée pour chaque participant à l'étude. Conformément à la réglementation, cette indemnisation fut l'objet d'une déclaration dans le fichier National des volontaires participant à une recherche biomédicale (Fichier VRB).

### **3.6 Description des paramètres d'évaluation et des méthodes pour mesurer, recueillir et analyser ces paramètres:**

- **Les observations cliniques:**

Les observations cliniques étaient notées dans le cahier d'observation électronique au fur et à mesure que l'étude se déroulait (soit ici à l'inclusion, à Courmayeur et en fin de course).

- **Mesure du poids:**

Une IDE était chargée de mesurer le poids du sujet lors de la visite d'inclusion et lors de la visite de fin de recherche, que celui-ci soit « finisher » ou ait abandonné pendant la course (les coureurs sont rapatriés systématiquement sur Chamonix). La mesure du poids corporel s'effectue avec les vêtements mais sans les chaussures ni sac ni poche à eau.

- **Mesure de la natrémie:**

Le prélèvement de l'échantillon de sang s'effectue grâce au système tube capillaire Epoc® Care-Fill™. L'échantillon est ensuite introduit dans l'emplacement de la carte-test prévu à cet effet ; le lecteur indique la valeur de la natrémie mesurée (mmol/L).

- **Questionnaire pré course:**

Ce questionnaire était administré lors de la visite d'inclusion ; il comporte des items portant sur l'expérience en course du sujet, ses habitudes d'hydratation et/ou de supplémentation en course (voir annexe).

- **Questionnaire post-course:**

Ce questionnaire est destiné à collecter les informations sur les manifestations cliniques ainsi que les événements de course indésirables rencontrés

tels que crampes, chutes, blessures (voir annexe) et était administré à la fin de la course. Le temps de course était également recueilli.

## **4. Sélection et exclusion des volontaires sains**

### **4.1 Description de la population étudiée**

La population de l'étude est constituée des coureurs homme et femme participant à l'édition 2015 de l'Ultra-Trail du Mont-Blanc®.

### **4.2 Critères d'inclusion des coureurs volontaires**

#### **Critères d'inclusion généraux :**

- Le sujet doit avoir donné son consentement libre et éclairé et signé le consentement
- Le sujet doit être affilié ou bénéficiaire d'un régime d'assurance maladie
- Le sujet est âgé d'au moins 18 ans

#### **Critères d'inclusion concernant la population cible :**

- Le sujet participe à l'édition 2015 de l'Ultra-Trail du Mont-Blanc®  
et n'a pas de contraindication à l'ultra-trail.

### **4.3 Critères de non-inclusion des coureurs volontaires**

#### **Critères de non-inclusion généraux :**

- Le sujet participe à une autre étude
- Le sujet est en période d'exclusion déterminée par une étude précédente
- Le sujet est sous sauvegarde de justice, sous tutelle ou sous curatelle
- Le sujet refuse de signer le consentement
- Il s'avère impossible de donner au sujet des informations éclairées

#### **Critères de non-inclusion concernant les maladies ou conditions associé(e)s interférent(e)s :**

- La personne est enceinte ou elle allaite

#### **Critère d'exclusion :**

- Le sujet était exclu de l'étude en cas d'abandon précoce (avant 15 km de course)



## 4.4 Durée prévue de participation des personnes

### **Durée prévue de participation d'un sujet:**

Cette recherche nécessite une période de suivi maximum correspondant à la durée maximale entre la remise des dossards et la durée de la course (temps de course maximum de 46h selon le règlement de la course) soit 70h entre la visite d'inclusion (Vinc) et la visite de fin de recherche (Vfin). La durée de participation maximale pour un sujet est donc de 72 heures.

### **Durée prévue de la recherche:**

Le planning prévisionnel de l'étude prévoit 1 jour d'inclusion, 2 jours de suivi, 6 mois de gestion des données, analyse statistique et rédaction du rapport d'étude.

Jalon	Date
Demandes CPP, ANSM	Mai 2015
Début des inclusions	Août 2015
Fin de la période de suivi	Août 2015
Fin de la recherche + fin des analyses statistiques et rédaction rapport	Février 2016

**Tableau 4 : Calendrier Prévisionnel**

### **Fin de la recherche:**

La fin de la partie clinique de cette recherche correspond à la date de la dernière visite de la dernière personne qui se prête à la recherche.

La fiche de fin d'essai était complétée pour tout sujet ayant terminé normalement l'étude ou dont le suivi aura été arrêté prématurément.

Après la fin de l'essai, le suivi habituel est effectué par l'investigateur, qui décide d'éventuelles visites de suivi.

La fin de la recherche correspond à la date du gel de la base de données.

## **5. Traitement utilisé chez les coureurs volontaires**

### **5.1 Description de tout dispositif médical utilisé**

Ont été utilisés pour les besoins de l'étude :

- Deux pèse-personnes identiques et calibrés ;
- Un système d'analyse de sang sur capillaire Epoc de la société ALERE.

## **6. Faisabilité**

### **6.1 Gestion des sujets**

#### **6.1.1 Nombre prévu de personnes à inclure dans la recherche**

##### **6.1.1.1 Justification statistique**

Nous avons considéré selon les données de la littérature <sup>199</sup> que la différence de natrémie post-course attendue entre les 2 groupes HAS et HU en valeur absolue était d'environ 10 mEq/L.

Avec un écart type commun estimé à 24 mmol/L<sup>199</sup>, un risque de première espèce à 0.05 et une puissance à 0.90, en utilisant un test de nature unilatérale, le nombre de sujets à inclure était de 198 soit 99 sujets par groupe.

Nous estimions un taux d'abandon précoce (inférieur à 15 km de course) à 5% ce qui porte le nombre de sujets à inclure à 200 (100 par groupe).

Compte tenu du délai de 15 jours entre la pré-inclusion et l'inclusion, un taux de 10% de non inclusion par groupe est prévu. En conséquence le nombre de sujets total à inclure est fixé à 220 (110 dans le groupe HAS et 110 dans le groupe HU).

#### **6.1.1.2 Estimation de la capacité de recrutement**

En 2014, 2300 coureurs ont participé à la course ; c'est un nombre maximum imposé par les organisateurs et qui était à nouveau atteint pour l'édition 2015.

### **6.1.2 Méthodes utilisées pour minimiser les biais**

#### **6.1.2.1 Le tirage au sort**

Sur les deux listes de coureurs volontaires comprenant un groupe « hydratation à la soif » ( HAS ) de 126 volontaires et un groupe « hydratation usuelle » ( HU ) de 196 volontaires; 220 coureurs volontaires ont été tirés au sort dont 110 dans chacun des deux groupes.

### **6.1.2.2 Les méthodes de mise en insu**

Les mesures de poids et de natrémie ont été faites par une IDE et des médecins en insu du protocole d'hydratation.

### **6.1.2.3 Méthodes utilisées pour éviter le biais d'attrition**

Des mesures ont été prises pour éviter un biais d'attrition. La 2<sup>ème</sup> mesure du poids corporel et le dosage de natrémie étant faits à l'arrivée, certains coureurs pouvaient refuser la mesure, arriver en même temps ou oublier de se présenter pour cette mesure. Le stand de mesures était situé juste après la ligne d'arrivée, juste avant la remise du cadeau offert à chaque « finisher » permettant d'oublier le moins de coureurs possible.

## **7 Statistiques**

### **7.1 Description des méthodes statistiques**

#### **7.1.1 Description de la population incluse**

Une première analyse des données a permis la description de la population totale et par groupe. La normalité de la distribution des variables quantitatives sera explorée à l'aide du test de normalité de Shapiro-Wilks, ainsi que des coefficients de Kurtosis et de Skewness.

Les résultats statistiques seront présentés sous forme de moyennes  $\pm$  écarts-types pour les variables quantitatives dont la distribution est gaussienne, moyennes et intervalles de confiance à 95% anti-transformés pour les variables dont la distribution est gaussienne après une transformation,

et médianes et intervalles interquartiles pour les autres variables. Pour les variables qualitatives, les effectifs et les pourcentages associés seront présentés.

### **7.1.2 Analyses statistiques**

L'analyse statistique fut conduite par le BESPIM du CHU de Nîmes sous SAS (SAS Institute, Cary, NC, USA) version 9 ou R 2.9.2 (R Development Core Team (2009). R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria).

#### **7.1.2.1 Vérification de la comparabilité initiale des groupes**

Les variables qualitatives furent comparées par un test du Chi-2. A défaut, si les conditions de réalisation de ce test n'étaient pas respectées, le test exact de Fisher fut utilisé.

Les variables quantitatives furent comparées entre les deux groupes :

- en cas de variables gaussiennes, par un test t de Student ou une analyse de variance
- En cas de variables non-gaussiennes, par un test de Wilcoxon-Mann-Withney

#### **7.1.2.2 Analyse du critère de jugement principal**

Par groupe (HAS ou HU) la moyenne et l'écart type du delta de la natrémie (Natrémie de fin – Natrémie à l'inclusion) furent calculés. Une comparaison par test de student ou analyse de variance a été réalisée.

### **7.1.2.3 Analyse des critères de jugement secondaires**

L'évaluation du lien de dépendance entre les protocoles d'hydratation et le taux d'abandon a été effectué par comparaison des pourcentages à l'aide d'un test du chi – 2.

L'évaluation de la corrélation entre variation du poids corporel avant et après course et la natrémie avant et après course a été faite graphiquement puis en fonction du mode de distribution (linéaire ou non) par la calcul d'un coefficient de régression.

L'évaluation de la variation de la natrémie en fonction des grands types de protocoles d'hydratation usuels fut réalisée par un test de student ou par une analyse de variance.

Un calcul de l'incidence d'évènements indésirables (crampes, symptômes gastro-intestinaux, etc...) fut réalisé en fonction du protocole d'hydratation et de la natrémie avant et après course (transformée en variable discrète à 2 classes : augmentation ou diminution).

## **7.2 Degré de signification prévu**

Une différence est considérée comme statistiquement significative lorsque le degré de signification du test est inférieur ou égal à 0,05.



### III. RESULTATS

#### 1. Descriptif de l'évolution de la population

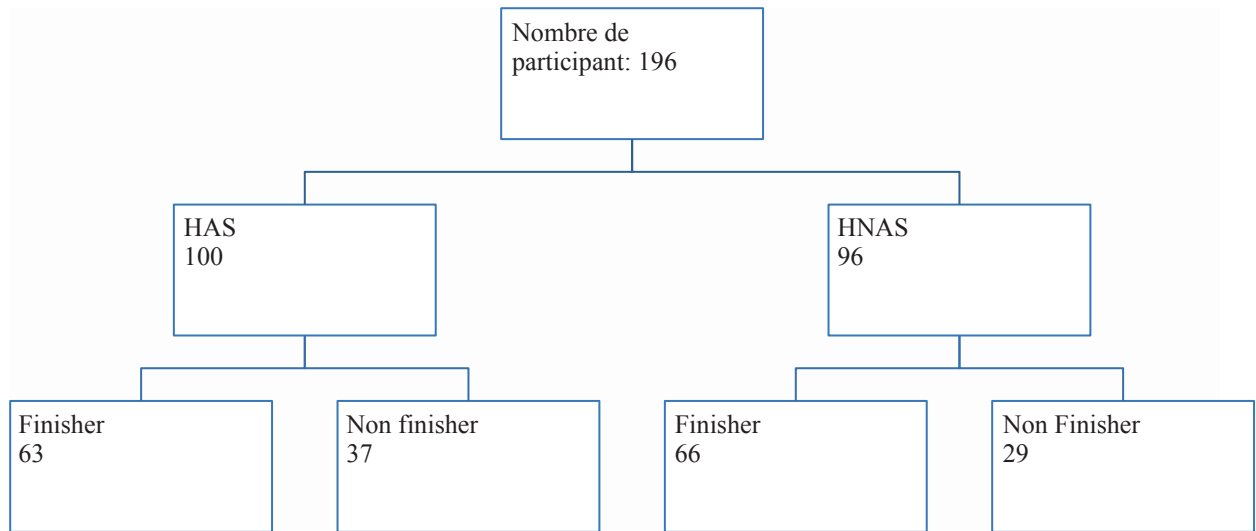
**Deux cent vingt coureurs** s'étaient portés volontaires et avaient été sélectionnés par mail et pré-inclus. **Cent dix coureurs** avaient prévu de boire à la soif et **cent dix coureurs** avaient prévu de boire selon un autre protocole.

**Cent quatre-vingt-seize coureurs** ont été inclus sur les 220 prévus initialement, **100** dans le groupe d'hydratation à la soif et **96** dans le groupe d'hydratation non à la soif.

Après l'inclusion, un coureur du groupe d'hydratation non à la soif a décidé de retirer son consentement.

Dans le groupe d'hydratation à la soif, **63** coureurs ont fini la course et **37** coureurs ont abandonné. Dans le groupe d'hydratation non à la soif, **66** coureurs ont fini la course et **29** coureurs ont abandonné avant l'arrivée. Ces résultats sont représentés en **figure 1**.

Dans le groupe d'hydratation à la soif, 12 coureurs (11 non finishers et 1 finisher) comportaient une natrémie manquante. Dans le groupe d'hydratation non à la soif, 8 coureurs ( 7 non finishers et 1 finisher ) comportaient une natrémie manquante. Ses résultats sont représentés sur le **tableau 5**.



**Figure 1: Flow chart de l'étude**

bras	finisher	Fréquence
Hydratation à la soif	Non	11
Hydratation à la soif	Oui	1
Hydratation non à la soif	.	1
Hydratation non à la soif	Non	7
Hydratation non à la soif	Oui	1

**Tableau 5: Natrémies manquantes**

## 2. Caractéristiques des volontaires sains

### 2.1 Données d'inclusion et caractéristiques pré-course

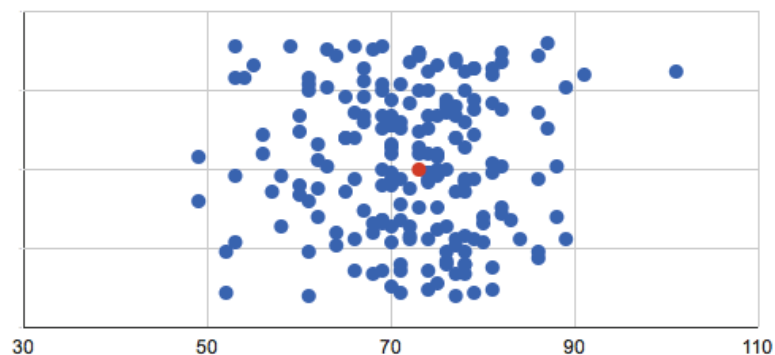
- Il y'avait 19 femmes ( 9,7% ) pour 177 hommes ( 90,3%).
- La répartition du poids pré-course des participants est disponible sur la **figure 2**, la médiane était tout sexe confondu de 73 kilos, le minimum de 49 kilos et le maximum de 101 kilos.
- Les données de taille était déclaratives et son représentées sur la **figure 3**, la médiane tout sexe confondu était de 1,76 mètre, le minimum de 1,50 mètre et le maximum de 1,98 mètre.
- La médiane d'âge à l'inclusion était de 42,30 ans, le minimum de 24,6 ans et le maximum de 69,6 ans, la répartition de l'âge des participants est disponible sur la **figure 4**.
- Trente-neuf pays étaient représentés dans notre étude, néanmoins 58,7% des coureurs étaient Français.
- La natrémie pré-course était comprise entre 134 et 150 mmol/L avec une médiane de natrémie à 141 mmol/L, la répartition des natrémies pré-course est disponible sur la **figure 5**.

## Poids [Actualiser](#)

Total (N)	Manquant	Unique	Min	Max	Moyenne	ÉcartType	Sum	Percentile						
								0.05	0.10	0.25	0.50 Médiane	0.75	0.90	0.95
196	0 (0.0%)	40	49.00	101.00	71.96	8.73	14 104.00	55.75	60.50	67.00	73.00	78.00	82.00	86.00

valeurs les plus faibles: 49, 49, 52, 52, 53

valeurs les plus élevées: 88, 89, 89, 91, 101



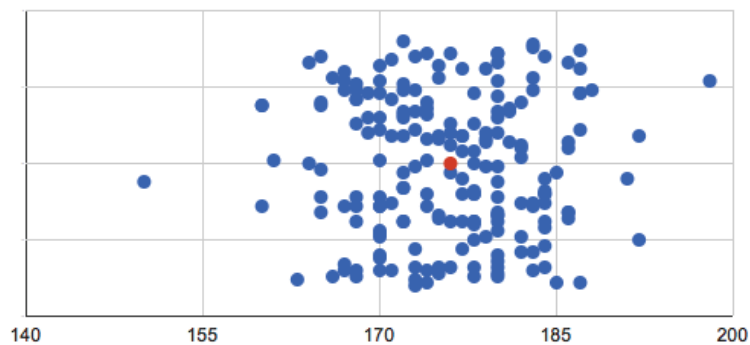
**Figure 2: Répartition du poids pré-course**

## Taille (déclaratif) [Actualiser](#)

Total (N)	Manquant	Unique	Min	Max	Moyenne	ÉcartType	Sum	Percentile						
								0.05	0.10	0.25	0.50 Médiane	0.75	0.90	0.95
196	0 (0.0%)	32	150.00	198.00	175.84	7.15	34 465.00	165.00	167.00	170.00	176.00	180.00	184.00	187.00

valeurs les plus faibles: 150, 160, 160, 160, 161

valeurs les plus élevées: 188, 191, 192, 192, 198



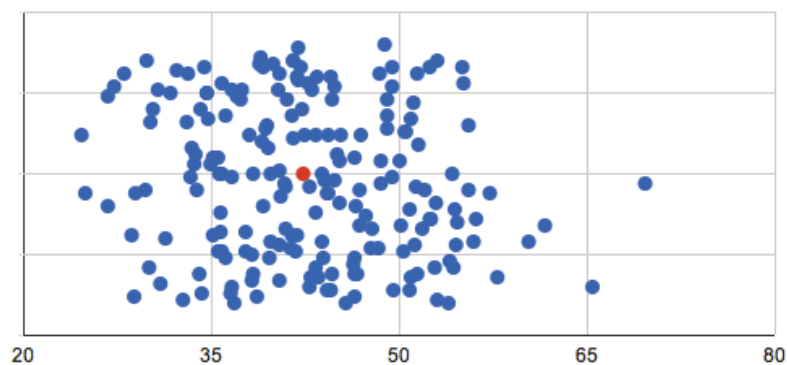
**Figure 3: Répartition des tailles pré-course**

### Age calculé à l'inclusion [Actualiser](#)

Total (N)	Manquant	Unique	Min	Max	Moyenne	ÉcartType	Sum	Percentile						
								0.05	0.10	0.25	0.50 Médiane	0.75	0.90	0.95
196	0 (0.0%)	147	24.60	69.60	42.74	8.18	8 376.70	29.78	32.85	36.60	42.30	49.00	53.00	55.20

valeurs les plus faibles: 24.6, 24.9, 26.7, 26.7, 27.2

valeurs les plus élevées: 57.8, 60.3, 61.6, 65.4, 69.6



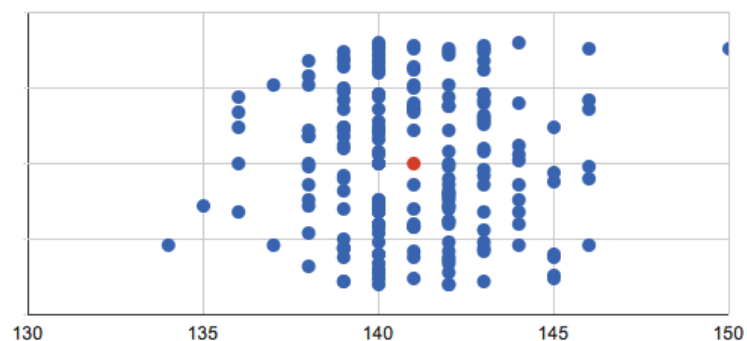
**Figure 4: Répartition des âges**

### Natrémie [Actualiser](#)

Total (N)	Manquant	Unique	Min	Max	Moyenne	ÉcartType	Sum	Percentile						
								0.05	0.10	0.25	0.50 Médiane	0.75	0.90	0.95
195	1 (0.5%)	14	134.00	150.00	140.96	2.35	27 488.00	138.00	138.00	140.00	141.00	142.00	144.00	145.00

valeurs les plus faibles: 134, 135, 136, 136, 136

valeurs les plus élevées: 146, 146, 146, 146, 150



**Figure 5: Répartition des natrémies pré-course**

## 2.2 Données d'entraînement pré-course

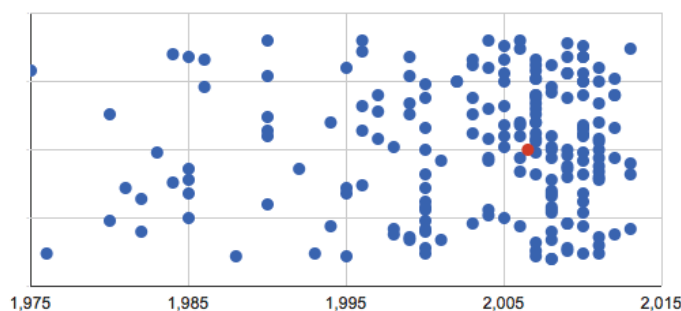
- La médiane de date de début de course à pied était l'année 2006 soit une médiane de 9 ans d'expérience de course à pied, avec un minimum en 1975 et un maximum en 2013. La répartition des années de début de course à pied est disponible en **figure 6**.
- La médiane du nombre d'ultra-trails déjà terminés était de 1 ultra-trail, le minimum étant de 0 et le maximum de 30, la répartition du nombre d'ultra-trails déjà réalisés est disponible en **figure 7**.
- La médiane du nombre d'ultra-trails non terminés était de 0 avec un minimum à 0 et un maximum à 19.
- La médiane des dates de début de pratique de l'ultra-trail était de 2010 soit 5 ans d'expérience dans le domaine, le minimum étant en 1997 et le maximum en 2014, cette répartition est disponible en **figure 8**.

**En quelle année avez-vous commencé à courir de façon régulière ? What year did you first start running regularly?** [Actualiser](#)

Total (N)	Manquant	Unique	Min	Max	Moyenne	ÉcartType	Sum	Percentile						
								0.05	0.10	0.25	0.50 Médiane	0.75	0.90	0.95
196	0 (0.0%)	33	1 975.00	2 013.00	2 003.06	8.48	392 599.00	1 984.75	1 990.00	1 999.75	2 006.50	2 009.00	2 011.00	2 011.25

valeurs les plus faibles: 1975, 1976, 1980, 1980, 1981

valeurs les plus élevées: 2012, 2013, 2013, 2013, 2013



**Figure 6: Répartition des dates de débuts de course à pied**

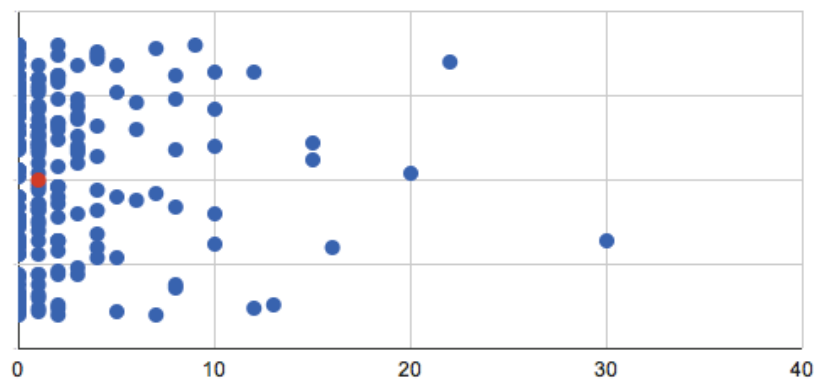


## Combien d'ultra-trails de plus de 160kms avez-vous finis? How many 100 miles or Ultra-trails races have you completed? [Actualiser](#)

Total (N)	Manquant	Unique	Min	Max	Moyenne	ÉcartType	Sum	Percentile						
								0.05	0.10	0.25	0.50 Médiane	0.75	0.90	0.95
195	1 (0.5%)	18	0.00	30.00	2.61	4.19	508.00	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00	8.00	10.00

valeurs les plus faibles: 0, 0, 0, 0, 0

valeurs les plus élevées: 15, 16, 20, 22, 30



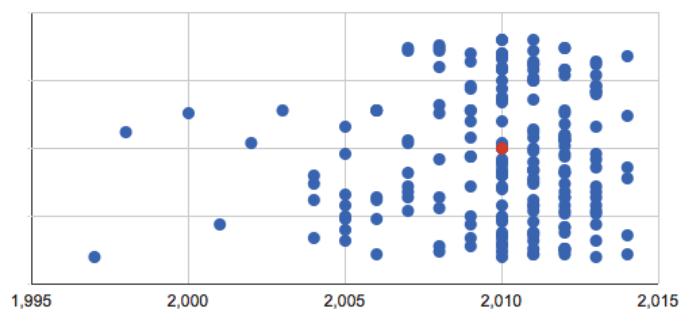
**Figure 7: Répartition du nombre d'ultra-trails terminés**

## En quelle année avez-vous commencé à pratiquer l'ultra-trail? What year did you first start running ultra-trail races? [Actualiser](#)

Total (N)	Manquant	Unique	Min	Max	Moyenne	ÉcartType	Sum	Percentile						
								0.05	0.10	0.25	0.50 Médiane	0.75	0.90	0.95
196	0 (0.0%)	17	1 997.00	2 014.00	2 009.89	2.92	393 938.00	2 004.75	2 006.00	2 009.00	2 010.00	2 012.00	2 013.00	2 013.00

valeurs les plus faibles: 1997, 1998, 2000, 2001, 2002

valeurs les plus élevées: 2014, 2014, 2014, 2014, 2014



**Figure 8: Répartition des dates de début d'ultra-trails**

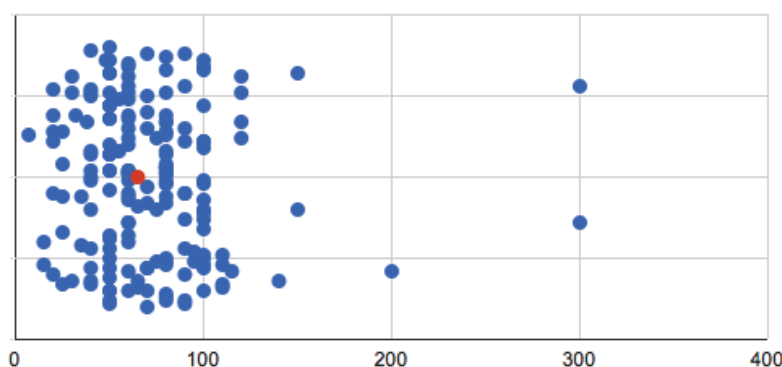
- La médiane de distance moyenne courue par semaine dans les trois mois précédant la course était de 65 kilomètres, avec un minimum à 7 kilomètres et un maximum à 300 kilomètres par semaine. Cette répartition est disponible en **figure 9**.
- La médiane de la plus longue distance courue en une semaine dans les trois mois avant la course était de 110 kilomètres avec un minimum de 30 et un maximum de 350 kilomètres en une semaine.
- Le facteur principal d'hydratation prévu était la soif (103 coureurs, 53,1%), un protocole personnel selon la distance ou le temps (58 coureurs, 29,9%), le maximum tolérable (8 coureurs, 4,1%), la couleur des urines (14 coureurs, 7,2%) et d'autres protocoles divers (11 coureurs, 5,7%). Cette répartition est disponible en **figure 10**.
- Concernant la prise de médicaments chez les coureurs qui avouaient en prendre régulièrement, 7 coureurs soit 31,8% utilisaient régulièrement des AINS, 1 coureur soit 4,5% des corticostéroïdes, 1 coureur soit 4,5% des diurétiques, 6 coureurs soit 27,3% des hypotenseurs et 7 coureurs soit 31,8% d'autres médicaments.
- Concernant la nature des boissons prévues durant la course, 25 coureurs soit 12,8% ne désirait consommer que de l'eau, 75 coureurs soit 38,3% prévoyait principalement de l'eau et un peu de boisson isotonique, 61 coureurs soit 31,1% prévoyait de l'eau et des boissons isotoniques en quantité équivalente, 30 coureurs soit 15,3% prévoyaient principalement des boissons isotoniques et un peu d'eau et enfin 5 coureurs soit 2,6% prévoyaient de ne boire que des boissons isotoniques. Cette répartition est disponible en **figure 11**.
- Une supplémentation salée par capsule ou sachets de sel était prévue chez 86 coureurs soit 43,9% et n'était pas envisagée chez 110 coureurs soit 56,1% des volontaires. Cette répartition est disponible en **figure 12**.

Quelle est votre distance **MOYENNE** courue par semaine dans les trois mois avant l'UTMB en [q5\_pre]? What was your **AVERAGE WEEKLY** running training distance during the 3 months before the UTMB in [q5\_pre]? [Actualiser](#)

Total (N)	Manquant	Unique	Min	Max	Moyenne	ÉcartType	Sum	Percentile						
								0.05	0.10	0.25	0.50 Médiane	0.75	0.90	0.95
180	16 (8.2%)	27	7.00	300.00	70.81	37.80	12 745.00	24.75	34.70	50.00	65.00	90.00	100.00	120.00

valeurs les plus faibles: 7, 15, 15, 20, 20

valeurs les plus élevées: 150, 150, 200, 300, 300

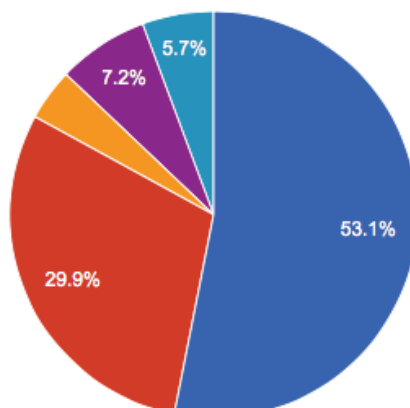


**Figure 9: Répartition de la distance moyenne courue dans les trois mois précédant la course.**

Quel est le facteur principal auquel vous vous fiez pour évaluer votre besoin d'hydratation durant la course? What were the main factors you used to decide how much to drink during the race? [Actualiser](#) |

Total (N)	Manquant	Unique
194	2 (1.0%)	5

**Comptages/fréquence:** La soif / Thirst (103, 53.1%), Un protocole déterminé à l'avance selon la distance ou le temps / A pre-determined drinking schedule according to distance or time (58, 29.9%), Le maximum que vous pourrez tolérer / The maximum amount I could tolerate (8, 4.1%), Un volume égal à ma perte de poids / The amount of change in my body weight (0, 0.0%), La couleur de mes urines / My urine color (14, 7.2%), Autre / Others (11, 5.7%)

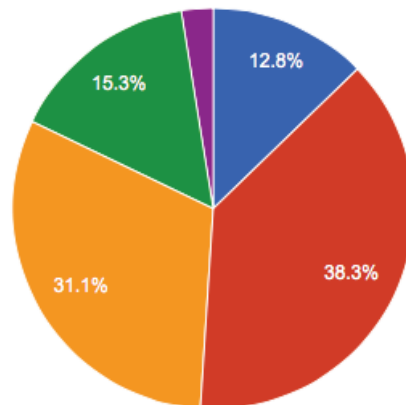


**Figure 10: Répartition du facteur principal d'hydratation prévu**

**Qu'allez-vous boire en priorité durant la course? (Merci de ne cocher qu'une seule option.) What will you primarily drink during the race? (Please select only one drink option.)** [Actualiser](#) |

Total (N)	Manquant	Unique
196	0 (0.0%)	5

**Comptages/fréquence:** Seulement de l'eau / Water only (25, 12.8%), Principalement de l'eau et un peu de boisson isotonique / Mostly water and some electrolyte containing drink (75, 38.3%), De l'eau et des boissons isotoniques de manière équivalente / About an equal amount of water and electrolyte containing drink (61, 31.1%), Principalement des boissons isotoniques et un peu d'eau / Mostly electrolyte containing drink and some water (30, 15.3%), Seulement des boissons isotoniques / Only electrolyte containing drink (5, 2.6%)

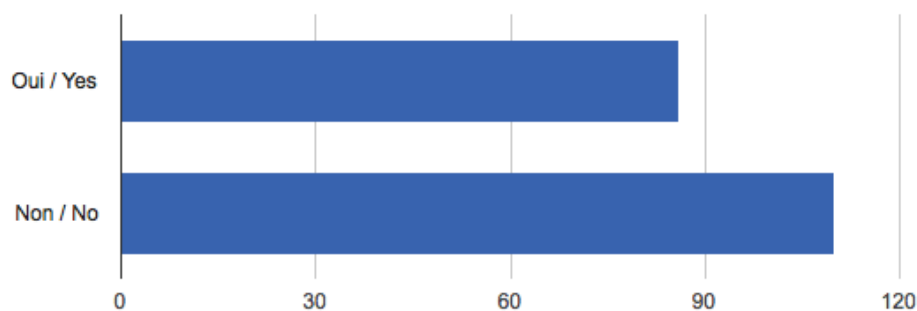


**Figure 11: Répartition du type d'hydratation prévu durant la course**

**Allez-vous utiliser des supplémentations en sel en plus de l'alimentation (capsule de sel, sachets de sel)? Indicate if you plan to use sodium supplements?** [Actualiser](#) |

Total (N)	Manquant	Unique
196	0 (0.0%)	2

**Comptages/fréquence:** Oui / Yes (86, 43.9%), Non / No (110, 56.1%)



**Figure 12: Prévisions d'utilisation de supplémentations salées**

## 2.3 Caractéristiques post-course:

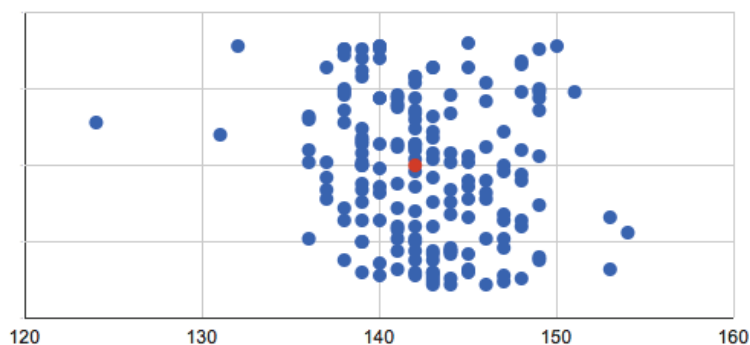
- La moyenne de la natrémie post-course était de 142,51 mmol/L avec un minimum à 124 mmol/L et un maximum à 154mmol/L. Cette répartition est disponible en **figure 13**.
- On dénombre 3 hyponatrémies post-course avec un minimum à 124 mmol/L soit une incidence de course sur la population totale de l'étude à 1,5%.
- Immédiatement avant ou pendant la course, 93 coureurs soit 54,1% avaient pris des médicaments et 79 soit 45,9% des coureurs n'en avaient pas consommé.
- La médiane des poids post-course était de 71 kilogrammes avec un minimum à 48 kilos et un maximum à 97 kilogrammes. Cette répartition est disponible en **figure 14**.
- Les symptômes gastro-intestinaux ressentis durant la course ont affectés leur performance selon 44 coureurs soit 31,2% des coureurs contre 97 coureurs soit 68,8% des coureurs.

### Natrémie [Actualiser](#)

Total (N)	Manquant	Unique	Min	Max	Moyenne	ÉcartType	Sum	Percentile						
								0.05	0.10	0.25	0.50 Médiane	0.75	0.90	0.95
175	21 (10.7%)	21	124.00	154.00	142.51	4.18	24 939.00	137.00	138.00	140.00	142.00	145.00	148.00	149.00

valeurs les plus faibles: 124, 131, 132, 136, 136

valeurs les plus élevées: 150, 151, 153, 153, 154



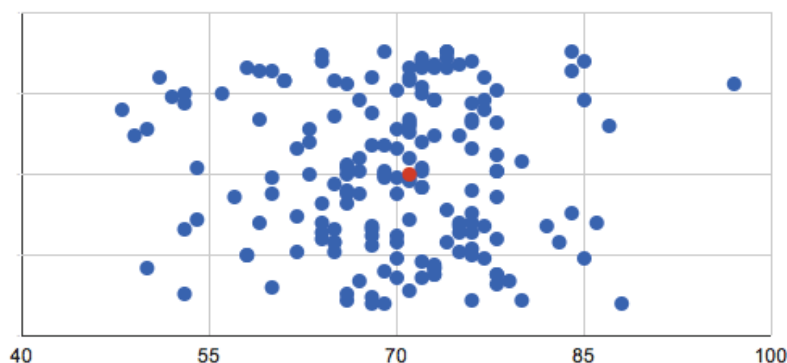
**Figure 13: Répartition des natrémies post-course**

## Poids [Actualiser](#)

Total (N)	Manquant	Unique	Min	Max	Moyenne	ÉcartType	Sum	Percentile						
								0.05	0.10	0.25	0.50 Médiane	0.75	0.90	0.95
172	24 (12.2%)	40	48.00	97.00	69.77	8.35	12 000.00	53.00	59.00	65.00	71.00	75.00	78.00	84.00

valeurs les plus faibles: 48, 49, 50, 50, 51

valeurs les plus élevées: 85, 86, 87, 88, 97

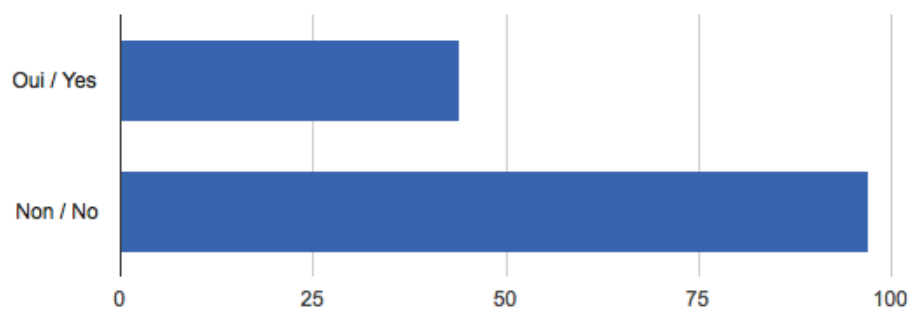


**Figure 14: Répartition des poids post-course**

## Vos symptômes gastro-intestinaux ont-ils affectés selon vous vos performances?/ Did gastrointestinal (GI) symptoms affect your race performance? [Actualiser](#) | [Afficher en graphique à barres](#)

Total (N)	Manquant	Unique
141	55 (28.1%)	2

Comptages/fréquence: **Oui / Yes** (44, 31.2%), **Non / No** (97, 68.8%)



**Figure 15: Perception des symptômes gastro-intestinaux**



## 2.4 Critères de corrélation:

### 2.4.1 Comparabilité des groupes à l'inclusion

- L'âge moyen était de 41,7 ans dans le groupe d'hydratation à la soif contre 43,8 ans dans le groupe d'hydratation non à la soif, avec une différence moyenne de 2,14 ans et une valeur de p à 0,67. Ces données sont disponibles dans le **tableau 6**.

Bras	N	Moy	Std Dev	Std Err	Min	Max
A la soif	100	41,6890	7,5740	0,7574	24,6000	65,4000
NAS	96	43,8313	8,6648	0,8843	26,7000	69,6000
Diff		2,1423	8,1264	1,1612		
Metho d	Var	DF	Val test	p		
Pooled	Equal	194	-1,84	0,0666		
Satterw	Unequa	188,27	-1,84	0,0674		
.	1					

**Tableau 6: Comparaison de la moyenne d'âge entre les groupes**

- La taille moyenne était de 1,76 mètre dans le groupe d'hydratation à la soif contre 1,75 mètre dans le groupe d'hydratation non à la soif, avec une différence moyenne de 1,09 centimètre et une valeur de p à 0,28.

- La durée de course était de 31,6 heures dans le groupe d'hydratation à la soif contre 33,3 heures dans le groupe d'hydratation non à la soif, avec une différence moyenne de 1,72 heure et une valeur de p à 0,32. Ces données sont disponibles dans le **tableau 7**.
- La distance de course était de 84,38 kilomètres dans le groupe d'hydratation à la soif contre 79,86 kilomètres dans le groupe d'hydratation non à la soif, avec une différence moyenne de 4,52 kilomètres et une valeur de p à 0,59. Ces données sont disponibles dans le **tableau 8**.

Bras	N	Moy	Std Dev	Std Err	Min	Max
A la soif	100	31,6180	11,4567	1,1457	5,3000	46,0000
NAS	95	33,3349	12,1835	1,2500	3,0000	46,0000
Diff		-1,7169	11,8162	1,6929		
Metho d	Var	DF	Val test	p		
Pooled	Equal	193	-1,01	0,3118		
Satterw .	Unequa l	190,57	-1,01	0,3125		

**Tableau 7: Comparaison de la durée de course entre les groupes**

#### **2.4.2 Corrélation des variations de natrémie entre les groupes**

- La variation de natrémie durant la course dans le groupe d'hydratation à la soif était de 1,49 mmol/L contre 1,47 mmol/L dans le groupe d'hydratation non à la soif, avec une différence de 0,017 mmol/L et un p à 0,98. Ces données sont disponibles en **tableau 8**.

- La variation de poids dans le groupe d'hydratation à la soif était de -2,41 kilogrammes contre -1,98 kilogrammes dans le groupe d'hydratation non à la soif avec une différence de 0,44 kilogrammes en valeur absolue entre les groupes et un p à 0,19. Ces données sont disponibles en **tableau 9**.

Bras	N	Moy	Std Dev	Std Err	Min	Max
A la soif	88	1,4886	4,3891	0,4679	-8,0000	14,0000
NAS	87	1,4713	4,7418	0,5084	-16,000	13,0000
Diff		0,0174	4,5678	0,6906		
Metho d	Var	DF	Val test	p		
Pooled	Equal	173	0,03	0,9800		
Satterw	Unequa	171,65	0,03	0,9800		
.	1					

**Tableau 8: Comparaison des variations de natrémies entre les groupes**

Bras	N	Moy	Std Dev	Std Err	Min	Max
A la soif	87	-2,4138	2,3004	0,2466	-13,000	2,0000
NAS	85	-1,9765	2,0986	0,2276	-8,0000	6,0000
Diff		-0,4373	2,2030	0,3360		
Metho d	Var	DF	Val test	p		
Pooled	Equal	170	-1,30	0,1948		
Satterw	Unequa	169,21	-1,30	0,1943		
.	1					

**Tableau 9: Comparaison des variations de poids entre les groupes**

## 2.5 Données sur les crampes musculaires

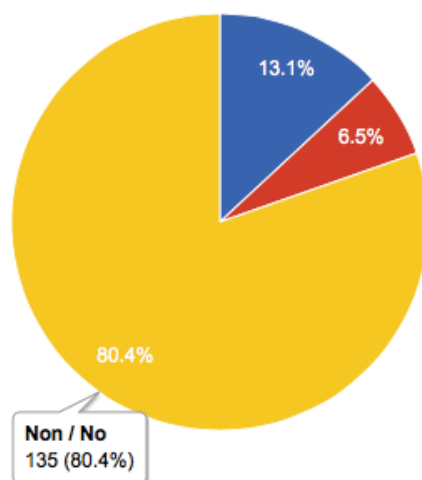
- Vingt coureurs soit 60,6% déclaraient avoir déjà ressenti des crampes lors des ultra-trails précédents alors que 13 coureurs soit 39,4% n'en avaient pas ressenti.
- Lors de la course, 22 coureurs soit 13,1% avaient ressenti des crampes douloureuses imposant l'arrêt, 11 soit 6,5% avaient ressenti des crampes mais étaient capables de les contrôler et 135 soit 80,4% n'en avaient pas ressenti. Cette répartition est disponible en **figure 14**.
- Les crampes étaient ressenties pour 22 coureurs soit 68,8% des coureurs entre le départ à Chamonix et Courmayeur et pour 18 coureurs soit 56,3% entre Courmayeur et Chamonix.
- Les crampes étaient survenues pour 11 coureurs soit 33,3% aux mollets, pour 26 soit 78,8% aux quadriceps, pour 4 coureurs soit 12,1% aux ischio-jambiers, pour 2 coureurs soit 6,1% aux muscles fléchisseurs de hanche et enfin pour 1 coureurs soit 3,0% sur un autre muscle. Données disponibles sur la **figure 15**.

**Avez-vous ressenti des crampes musculaires durant la course UTMB 2015?**  
**Did you have any muscle cramps during the 2015 UTMB?** [Actualiser](#) |

Voir comme Camembert

Total (N)	Manquant	Unique
168	28 (14,3%)	3

Comptages/fréquence: Oui / Yes (22, 13.1%), Un peu, mais j'étais capable de les contrôler / Almost, but was able to control any full-blown cramping (11, 6.5%), Non / No (135, 80.4%)

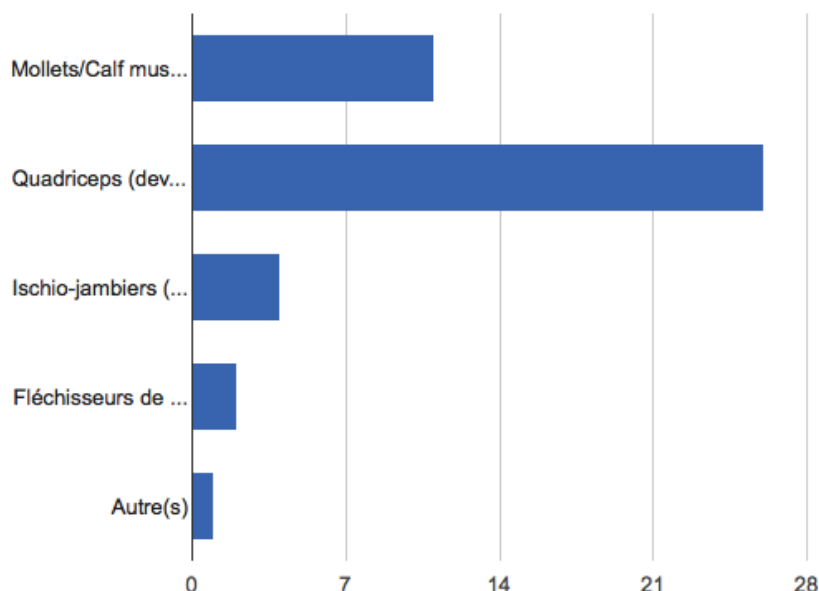


**Figure 14: Répartition de l'apparition des crampes durant la course**

## Quels sont les muscles ou vous avez ressentis des crampes durant la course? In which muscles did you have an issue with cramping during the 2015 UTMB? [Actualiser](#)

Total (N)	Manquant	Unique
33	163 (83.2%)	5

**Comptages/fréquence:** Mollets/Calf muscles (11, 33.3%), Quadiceps (devant la cuisse) / Quadiceps (26, 78.8%), Ischio-jambiers (derrière la cuisse) / Hamstrings (4, 12.1%), Fléchisseurs de hanche (muscles devant le pelvis et en haut de la cuisse) / Hip flexors (muscles in front of pelvis and top of leg) (2, 6.1%), Autre(s) (1, 3.0%)



**Figure 15: Répartition des topographies des crampes musculaires lors de la course**

## 2.6 Evénements indésirables graves

- Un seul coureur (0,5%) de l'étude a été victime d'un événement indésirable grave. Il s'agissait à l'arrivée d'une anurie qui s'est avérée non réversible et compliquée lors de son retour à domicile d'une insuffisance rénale aiguë par nécrose tubulaire aiguë sur rhabdomyolyse d'effort, ce patient est à ce jour encore dialysé.
- Trois autres coureurs non inclus dans l'étude ont été victimes de la même pathologie.

## IV DISCUSSION

### 1. Comparaison aux données de la littérature

Cette année 2015 a été marquée par la tenue de la troisième édition de la conférence de consensus internationale sur l'hyponatrémie liée à l'effort à Carlsbad en Californie.<sup>199</sup> Cette rencontre réunissait 17 experts internationaux représentant 4 pays et 9 spécialités médicales et scientifiques différentes au sujet de l'entraînement, de la physiologie du sport et du métabolisme de l'eau.

Tous les acteurs de cette conférence s'accordaient à penser que la prévention au sujet de l'hydratation et de la supplémentation salée est un point clé de la santé de ces coureurs d'ultra-endurance. Une consommation excessive de fluide (eau, boissons sportives ou autres fluides hypotoniques) n'a pas prouvé son efficacité en terme de réduction des risques de crampes musculaires, de collapsus d'effort ou de coup de chaleur. La consommation inappropriée de fluide dépassant les pertes liées à la sudation et la diurèse est le principal mécanisme physiopathologique retrouvé dans les cas d'hyponatrémies liées à l'effort symptomatiques ou fatales.<sup>34,41,45,52,57,58,61,71,73,75,76,84,119,122-126</sup>

C'est pourquoi, les stratégies de prévention doivent cibler les comportements des coureurs. Les conseils ancestraux recommandant aux coureurs de boire avant l'apparition de la sensation de soif ciblaient initialement les exercices en situation d'hypersudation et de déshydratation rapide pouvant influencer rapidement sur les performances. Malheureusement, ces recommandations ont laissé progressivement penser que la soif est aussi un bien pauvre guide dans les exercices prolongés en situations de sudation moins intense. Ceci a sans doute influencer la prise de décision individuelle et le choix de l'hyper-hydratation chez les coureurs ayant développés des pathologies de dilution tel que l'hyponatrémie liée à l'effort, comme les 41 cas recensés en **tableau 10** le rappellent.

**TABLE 7.** Thirteen Studies Representing 41 Cases of Symptomatic EAH Which Provided Comment on Drinking Plan or Motivation for Chosen Drinking Behaviors [\*Case Reports Involving Multiple Subjects: Total Number Subjects (Number of Female/Male Subjects)]

Study	Subjects Age (yo), Sex (♂♀), Activity	Serum [Na <sup>+</sup> ] mmol/L (Initial or Range)	Symptomatic EAH With Drinking Above Thirst (Comments From Report)
Frizzell et al <sup>122</sup>	24, ♂/45, ♂, Ultra-runners	123/118	Runners as a group are taught to “push fluids” Athletes are instructed to drink more than their thirst dictates
Armstrong et al <sup>84</sup>	21, ♂, Lab subject	122	...voluntarily consumed this large volume of fluid because he believed that drinking water copiously would decrease his risk of heat illness
Herfel et al <sup>41</sup>	22, ♂, Football player	121	He was diagnosed with muscle cramps secondary to dehydration. Therefore, five liters (L) of 0.45% normal saline in 5% dextrose was administered intravenously along with 3L of liquids by mouth over a five hour period
Reynolds et al <sup>161</sup>	*6 (4♀/2♂), Soldiers	118-134	...consuming large volumes of water as “protection against becoming a heat casualty” predisposed these troops to the physical impairment that they intended to avoid
Backer et al <sup>73</sup>	*7 (6♀/1♂), Hikers	109-127	Most patients diagnosed as having hyponatremia have a distinct history of high fluid intake... ...unlike heat exhaustion patients, few of our hyponatremic patients were thirsty when evaluated, perhaps because they drank more fluids and were hyperhydrated
Garigan and Ristedt <sup>45</sup>	18, ♂, Soldier	121	...complained of thirst, drank 3 quarts then vomited...told to drink 1 quart every 30 minutes. With encouragement by unit members, he consumed 10 quarts of water during the next 90 minutes ...with encouragement by unit members
Hew et al <sup>61</sup>	*21 (9♀/8♂), Marathon runners	117-134	Advice given to runners was “drink until your urine is clear” and “do not wait until you are thirsty to drink”
Dimeff <sup>90</sup>	27, ♂, Football player	116	...complained of feeling ill... encouraged to consume sports drinks ...Admits to drinking 2-3 gallons water every day because he had been taught that “water is the best replacement fluid” and because that is what he was advised to do growing up in Texas
Hew-Butler et al <sup>8</sup>	41, ♂, Ironman triathlete	132 (nadir)	Subject reports he was never thirsty, but drank to “stay ahead of thirst”
Draper et al <sup>49</sup>	37, ♀, Marathon runner	117	...she followed a strategy (as advised by fellow experienced marathon runners) to begin the race “well-hydrated” (drinking greater volumes than her thirst dictated) ...warnings were issued over the public address system at the race start relating to ensuring a high intake of fluids was maintained
Rothwell and Rosengren <sup>118</sup>	43, ♂, Hiker	107	...complained of abdominal pains and leg cramps for 24 hours leading up to collapse ...on the evening before and day of collapse, fellow trekkers and guides encouraged him to drink large amounts of water
Coler et al <sup>151</sup>	85, ♂, Hiker	120	Subject was encouraged to...“Push fluids” above thirst
Rogers et al <sup>51</sup>	46, ♀, Swimmer	118	Her intended fluid regimen...was 200mL of fluid every 20 minutes She reported no sensation of thirst throughout the race ...although she did not feel thirsty, she was encouraged to drink by the support staff

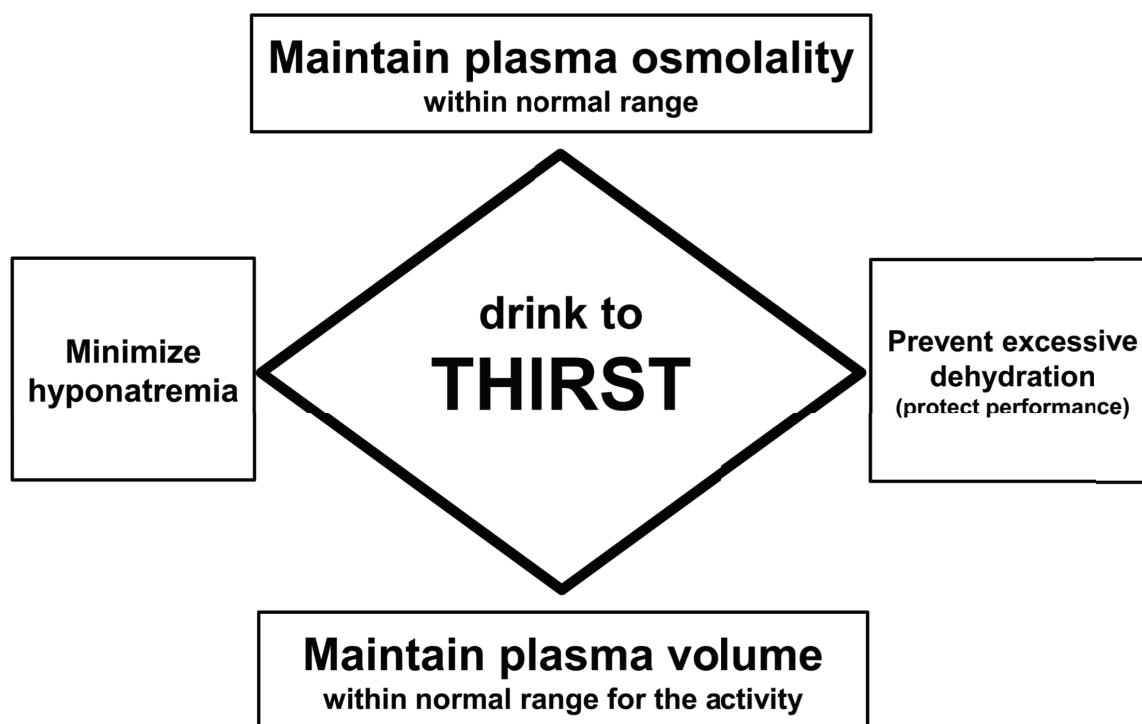
### **Tableau 10: Plans d’hydratations de 41 coureurs victimes d’hyponatrémie liée à l’effort**

Des taux de déshydratation modérés sont tolérables. Des études biologiques en laboratoires indiquent qu’un déficit en volume inférieur à 3% de la



masse corporelle (ou 5% du volume d'eau totale corporelle) peut-être toléré sans réduire la performance aérobie ou la puissance musculaire du coureur dans des conditions de températures froides à tempérées (entre 10 et 20°C).<sup>2</sup> Une hyperhydratation agressive dans le but de prévenir la déshydratation n'est donc pas nécessaire et engendre ainsi un risque accru de survenue d'hyponatrémie liée à l'effort.

Le poids du corps est une mesure de substitution raisonnable de l'hydratation lorsqu'il est mesuré jour après jour au réveil<sup>165</sup> et il peut être utilisé pour évaluer avec précision les variations d'hydratation pendant une à deux heures d'activités soutenue. Cependant, cette mesure se révèle très imprécise lors des événements sportifs de plusieurs dizaines d'heures ou l'hyponatrémie liée à l'effort est la plus susceptible de se développer. Ceci est en grande partie dû aux changements de masse corporelle qui accompagnent la combustion énergétique et aux quantités inconnues d'aliments consommés durant la course. En outre, la consolidation de 4 études regroupant 786 athlètes et comparant les variations de poids corporel entre l'enregistrement un à trois jours avant la course et 60 minutes avant le départ démontrait une augmentation moyenne de 1% du poids corporel entre ces deux temps.<sup>166</sup> Cependant, cette valeur moyenne dissimule le fait que d'importants gains de poids (jusqu'à 4% de la masse corporelle)<sup>166</sup> surviennent chez certains coureurs durant les quelques jours précédant la course alors que des pertes de poids importantes surviennent chez d'autres. Ceci confond encore l'exactitude de la mesure du poids corporel utilisé comme une mesure du statut d'hydratation sur le terrain. En tout état de cause, une masse corporelle mesurée après plusieurs heures d'activités égale ou supérieure au poids normal du coureur reste un indicateur approprié d'hyper-hydratation. La stratégie d'hydratation individualisée la plus sûre avant, pendant et après la course consiste à boire des boissons agréables au goût lors de la sensation de soif ( voir figure 16 ).



**Figure 16: Intérêt du mode d'hydratation à la soif <sup>199</sup>**

Les marathoniens terminant une course en situation d'hypernatrémie rapportent bien souvent la sensation d'être « assoiffé », une corrélation faible mais statistiquement significative a ainsi été démontré entre le niveau de soif et la concentration plasmatique en sodium immédiatement après une course de 161 kilomètres. <sup>168</sup> D'autres études ont ainsi vérifiées chez des volontaires ayant un accès libre à une hydratation ad libitum et marchant ou courant sur des tapis dans différentes conditions de températures que « boire à la soif » permet de maintenir le niveau d'osmolalité plasmatique. Ainsi cette méthode d'hydratation empêche dans la plupart des cas les phénomènes de dilution tel que l'HLE mais aussi la baisse de performance liée à une déshydratation trop importante et ceci aussi bien dans les conditions d'un environnement « chaud » <sup>101</sup> que « froid ».

<sup>171</sup> Certaines exceptions potentielles pourraient toutefois modifier le seuil de la soif et donc le niveau d'hydratation comme la xérostomie, <sup>102</sup> certaines mutations génétiques, mais aussi des contradictions connues entre boire « ad

libitum » et boire « à la soif » <sup>173</sup> ou encore une consommation de sodium excessive ou de boissons de l'effort qui mériterait dans le futur des recherches spécifiques.

Quand la prise de fluide dépasse les pertes, la consommation de sodium contenu dans les boissons sportives peut atténuer la décroissance de la natrémie pendant 2 heures de cyclisme continu <sup>174</sup> ou intermittent <sup>85</sup>, ou encore pendant 4 heures de course à pied. <sup>89, 175</sup> Cependant, il est important de souligner que les boissons sportives, qui sont hypotoniques, ne préviendront pas l'hyponatrémie liée à l'effort chez les coureurs qui « s'hyper-hydratent » lors de la course puisque toutes ces boissons, dont les firmes industrielles sont manifestement bien menées, présentent toujours une concentration en sodium plus faible ( 10-38 mmol/L) que la natrémie plasmatique ( 140 mmol/L). On peut en effet facilement imaginer qu'une boisson contenant plus de 140 mmol/L de sodium soit bien difficile à avaler surtout après quelques heures de course. L'effet de l'hyper-hydratation et de l'hyponatrémie de dilution qui en résulte dépasse ainsi largement le faible apport positif du sodium contenu dans ces boissons sportives. <sup>90</sup> Ainsi, alors qu'un apport modeste de sel n'est pas délétère et a même été associé avec une augmentation significative <sup>176</sup> ou une stabilisation <sup>177, 198</sup> de la natrémie durant certaines courses, ce même apport dans une situation de consommation excessive de ces boissons sera délétère par le biais de la dilution qu'elle entraîne. Les effets potentiellement délaîtèrent d'une supplémentation salée excessive reste à ce jour mal déterminés. <sup>72, 178</sup>

La prévention par l'intermédiaire d'une information appropriée des organisations de course, mais aussi de l'éducation des coachs, des coureurs, de la famille, du personnel médical et paramédical de l'évènement devrait ainsi être une priorité afin de préserver la santé des coureurs. Des efforts devraient plus précisément s'orienter vers une information ciblée du personnel médical de l'organisation sur quatre points principaux et ciblés:

- Savoir que l'hyponatrémie liée à l'effort est une pathologie qui peut engager le pronostic vital d'un coureur.
- Savoir que le principal facteur de risque de l'HLE est l'hyper-hydratation.
- Savoir reconnaître les symptômes de l'HLE.
- Savoir qu'il est contre-indiqué de procéder à une perfusion de sérum salé hypotonique ou isotonique chez les coureurs présentant ce genre de symptômes, et connaître le rôle primordial du sérum salé hypertonique dans le traitement de l'HLE.

Lors d'un Ironman, un programme d'éducation informant les athlètes des risques de l'hyper-hydratation et de l'hyponatrémie liée à l'effort couplé avec une diminution du nombre de ravitaillements liquides disponibles avait par exemple montré une réduction de l'incidence de l'HLE.<sup>150, 182</sup>

De précédentes études avaient aussi démontrées l'intérêt des ravitaillements liquides placés tous les 20 kilomètres sur un Ironman et tous les 5 kilomètres sur un marathon standard dans la prévention de l'hyponatrémie liée à l'effort.<sup>53,180</sup> Néanmoins, cette stratégie organisationnelle et son effet sur l'incidence de l'HLE nécessite d'autres études futures pour déterminer quel est le nombre optimal de ravitaillements hydriques à prévoir et leurs espacements tout au long des courses et selon les conditions météorologiques.

Des controverses existent encore au sujet de la variante hypovolémique de l'HLE et de ses conséquences. Aujourd'hui, nous avons des preuves que l'HLE hypovolémique est apparue sur certaines courses chaudes et humides mais de nombreuses données sont encore manquantes:

- Sur la contribution du déficit sodé par rapport au statut d'hydratation.
- Sur le fait que la composante hypovolémique pourrait entraîner à elle seule les symptômes retrouvés
- Sur la contribution de la perte de sel par l'excrétion urinaire et la sudation dans le développement de l'HLE hypovolémique. Ces pertes en sel sont généralement considérées comme négligeables avec l'exception possible des coureurs hypovolémique avec un taux basal de sodium faible. La sueur est hypo-

tonique avec une concentration en sel située entre 10 et 70 mmol/L et donc bien inférieure à la natrémie plasmatique.<sup>164</sup> Les pertes salées varient quant à elles considérablement selon l'intensité de l'effort, sa durée, le poids du coureur et la température.<sup>185, 187</sup> Il reste encore à définir si l'impact seul du déficit en sel est suffisant pour aboutir à l'HLE hypovolémique.

## 2. L'impact des conditions de course de l'édition 2015

L'édition 2015 de l'Ultra-trail du Mont-Blanc® a été marquée par des conditions météorologiques particulières avec des températures très élevées et en moyenne 10 degrés au-dessus des températures moyennes du mois d'août à Chamonix.

### Bulletin du vendredi 28 août 2015 pour 15h 28/08/2015 ; 15:42

#### Vendredi 28 après-midi CCC en cours , départ UTMB

Ensoleillé, très chaud pour une fin août  
 Rares nuages (base vers 3000m).  
 Vent 2000 m : SW 10 km/h + thermiques  
 Vent 2500 m : SW 10 km/h + thermiques  
 Température 1000 m : max 30/33(secteurs sud sans vent) HUMIDITE 30%  
 Température 2000 m : max 21 HUMIDITE 45 %  
 Température 2500 m : max 17 HUMIDITE 50 %



### Bulletin du samedi 29 août 2015 de 15 h 00 29/08/2015 ; 17:07

#### Samedi 29 août fin CCC, UTMB en cours

Ensoleillé, très chaud dans une ambiance de chaleur.  
 Présence de quelques nuages locaux au-dessus des aiguilles rouges et secteur Trient. Base des nuages 3500 m.  
 Vent 2000 m : vent des brises montantes à 30 km/h cet après-midi.  
 Vent 2500 m : Sud-est faible  
 Température 1000 m : maxi 30/35 en plein soleil. HUMIDITE 40%  
 Température 2000 m : maxi 22 sensation de chaleur HUMIDITE 50 %  
 Température 2500 m : maxi 19 HUMIDITE 50 %

**Dimanche 30 août fin UTMB**

Ensoleillé vite chaud, sec et très chaud cet après-midi.  
 (10 dg au-dessus d'une moyenne de fin août)  
 Vent 2000 m : SE faible + brises montantes l'après-midi.  
 Vent 2500 m : SE 10 km/h  
 Température 1000 m : maxi 31/33 chaleur HUMIDITE 35%  
 Température 2000 m : maxi 22 chaleur HUMIDITE 30 %  
 Température 2500 m : maxi 18 HUMIDITE 30 %

**Figure 17: Conditions météorologiques de l'Ultra-Trail du Mont-Blanc®2015**

Les températures ont ainsi été retrouvées supérieures à 35°C en vallée à 1000 mètres, à 22°C à 2000 mètres et à 19°C à 2500 mètres (données disponibles en **figure 17**).

Ceci a pu impacter les résultats de l'étude par le biais de l'augmentation de la sudation des coureurs et une déshydratation majorée. Nous avons ainsi pu observer une variation positive des natrémies (140,96 mmol/L en pré-course et 142,51 mmol/L en post course pour une variation de +1,55 mmol/L) de la population totale de l'étude. La variation de poids était ainsi en moyenne de -2,19 kilogrammes pour l'ensemble des coureurs (71,96 kilos en pré-course et 69,77 kilogrammes en post course).

Aucune relation statistiquement significative n'a pu être observée entre les groupes « à la soif » et « non à la soif » concernant les variations de natrémie et de poids.

On retrouve tout de même une tendance des coureurs buvant « à la soif » dans ces conditions à perdre plus de poids, (-2,4138 kilogrammes) que les coureurs buvant « non à la soif » (-1,9765 kilogrammes,  $p=0,1943$ ), tout en restant dans le cadre d'une déshydratation raisonnable inférieure à 3%.

Ces conditions ont aussi pu modifier le comportement des coureurs et le protocole d'hydratation qu'ils avaient initialement choisis par le biais des diffé-

rents moyens mis en place par l'organisation pour pallier à ces conditions particulières:

- Conférence d'information sur l'hydratation.
- Ravitaillements hydriques rapprochés.
- Sachets de sel disponibles aux ravitaillements.
- Conseils des commerciaux sur les stands des vendeurs de boissons sportives.

Mis à part les conditions de température, c'est aussi les conditions d'altitude qui font de l'Ultra-trail du Mont-Blanc® une course particulière. Le parcours est souvent modifié d'une année sur l'autre, néanmoins cette édition comportait 170 kilomètres et 10000 mètres de dénivelé positif avec 10 cols à franchir à plus de 2000 mètres dont 5 à plus de 2500 mètres. L'impact de l'altitude sur la soif reste encore mal connu, une étude chez le rat a cependant montré que l'hypoxie semblait augmenter le seuil de stimulation des récepteurs osmotiques et diminuerait donc la sensation de soif en altitude. <sup>197</sup>

C'est différents facteurs pourraient expliquer les raisons d'une incidence d'hyponatrémie liée à l'effort située dans la norme basse des données de la littérature. En effet, une étude avait compilé les données de 2135 athlètes sur 8 courses d'endurances d'une distance allant de 42,2 à 161 kilomètres, <sup>71</sup> l'incidence de l'HLE asymptomatique était alors de 6% (contre 1% d'HLE symptomatique). Les incidences reportées d'HLE asymptomatique dans la littérature sont globalement comprises entre 0% <sup>30</sup> et 51% <sup>53,54</sup> après la course.

L'incidence très basse d'HLE dans notre étude pourrait-être de bon augure si elle était due à une prise de conscience des coureurs, des coachs et à l'évolution des conseils donnés par les vendeurs de boissons sportives dans les salons de trails, qui laisserait penser qu'un début de prévention est en marche. Pour autant, il reste encore beaucoup de travail quand à l'information et l'éducation de tous les intervenants dans ce genre d'évènements comme le laisse penser le genre d'information dispensée sur l'hydratation disponible en **image 1**.





**Image 1: Conseils d'hydratation sur les stands d'ultra-trail**

Une déshydratation accrue par les conditions thermiques, une sensibilité à la soif diminuée par l'altitude, les conseils de prévention de l'HLE fournis par les médecins lors des conférences retransmises sur le site de l'Ultra-trail du Mont-Blanc® et la mise à disposition de sachets de sel aux ravitaillements pourraient plus certainement expliquer la diminution des phénomènes d'hyper-hydratation chez les coureurs de l'étude et pourraient donc avoir limité le principal facteur de risque de l'hyponatrémie liée à l'effort cette année.

### 3. Les limites de l'étude

Cette étude présente, malgré tous nos efforts, plusieurs limites. La première fut la puissance de l'étude avec un nombre de coureurs volontaires sans doute trop faible pour aboutir à une corrélation statistiquement significative de l'impact du protocole d'hydratation à la soif sur la variation de natrémie des coureurs. En effet, lors de la date limite de recrutements des coureurs, nous disposions d'environ 200 coureurs volontaires dans le groupe « non à la soif » et à peine 124 coureurs dans le groupe « à la soif » pour un objectif fixé à 120 coureurs dans chaque groupe. Ceci démontre encore tous les progrès qu'il reste à accomplir dans le domaine de l'information des coureurs qui s'orientent toujours préférentiellement vers l'hydratation « non à la soif ».

Le second problème était celui du changement possible de protocole durant la course. Nous aurions sans doute dû prévoir de questionner les coureurs après la course sur le respect ou non du protocole initialement choisi. Ce processus déclaratif de randomisation des coureurs dans chaque bras a ainsi pu être source d'erreur entre les deux groupes mais il n'était pas envisageable de leur imposer un protocole d'hydratation.

Enfin, le dosage des natrémies reste aussi dépendant des capacités des appareils de mesures capillaires; la mesure du poids était aussi source d'erreur puisqu'il est aussi compliqué de déshabiller tous les coureurs lors de la remise des dossards et à l'arrivée après deux jours de course.

#### 4. **Un vaste domaine de recherche pour de futures études**

D'autres études seraient intéressantes à entreprendre en laboratoire et sur le terrain pour mieux déterminer les moyens à mettre en oeuvre dans le cadre de la prévention et du traitement de l'hyponatrémie liée à l'effort:

- Evaluer le rôle de l'alimentation et de l'apport de sel sous ses différentes formes dans l'HLE.
- Examiner le rapport bénéfice-risque d'un apport important de sel lors de la course et sa disponibilité au travers des différentes formes de substitution possibles.
- Réévaluer l'impact du protocole d'hydratation à la soif qui a prouvé son efficacité, sur des courses comportant un profil climatique ou d'altitude particulier.
- Evaluer l'association de la rhabdomyolyse liée à l'effort et discuter son traitement avec les données disponibles sur le terrain comme ce fut le cas lors de cette édition pour un coureur de l'étude qui reste à ce jour dialysé et 3 autres coureurs de l'événement.
- Evaluer l'impact de l'altitude sur le terrain sur le niveau de soif des coureurs.
- Evaluer si le développement de l'HLE augmente le risque de récurrence ou de survenue de pathologies cardiaques.
- Identifier d'autres marqueurs génétiques pouvant prédisposer certains coureurs à développer une HLE.
- Evaluer l'efficacité des alternatives thérapeutiques au sérum salé hypertonique intra-veineux comme le soluté oral hypertonique, les tablettes ou encore les antagonistes des récepteurs de la vasopressine.
- Clarifier le rôle propre de l'hyponatrémie dans les formes d'HLE hypovolémique.

## V. CONCLUSIONS

L'étude Natrtrail n'a pas pu montrer de bénéfice du protocole d'hydratation à la soif sur la natrémie de 195 coureurs repartis en deux bras qui s'hydrataient « à la soif » ou « selon un autre protocole ». Les coureurs buvant à la soif avaient une tendance à perdre plus de poids que les coureurs buvant selon un autre protocole, tout en restant dans le cadre d'une déshydratation acceptable inférieure à 3%.

Néanmoins, l'incidence de l'hyponatrémie liée à l'effort fut particulièrement faible cette année ( 1,5% ). Les conditions météorologiques, le profil d'altitude de course et la prévention faite par l'organisation de l'évènement ont néanmoins pu intervenir dans la limitation de l'hyper-hydratation des coureurs.

Pour autant, les nombreuses données scientifiques à ce sujet corroborent toutes qu'il est indispensable de promouvoir le protocole d'hydratation à la soif, puisque l'hyper-hydratation reste le principal facteur de risque d'hyponatrémie liée à l'effort lors des courses d'ultra-endurance et que la supplémentation sodée chez ces coureurs hyper-hydratés ne permet pas de suppléer le déficit de natrémie.

Un effort particulier reste à faire sur l'éducation des coureurs, des coachs mais aussi sur la surveillance des conseils d'hydratation données par les firmes de boissons énergétiques prônant par excès de boire « autant que possible » ou « suivant la couleur des urines » leurs boissons hypotoniques.

De nombreuses recherches futures seraient à espérer notamment sur des courses au profil climatique ou de terrain particulier afin de préserver la santé des coureurs de ces sports en pleine expansion.

## VI. BIBLIOGRAPHIE

- <sup>1</sup> Hoffman MD, Fogard K. “Factors related to successful completion of a 161-km ultra-marathon”. *Int J Sports Physiol Perform*. 2011; 6:25–37.
- <sup>2</sup> Sawka MN, Burke LM, Eichner ER, et al. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc*. 2007; 39:377–90.
- <sup>3</sup> Cuddy J, Slivka D, Hailes W, et al. Total energy expenditure, body water turnover, hydration status, and blood composition during the Western States 100. *Med Sci Sports Exerc*. 2009; 41:S336–7.
- <sup>4</sup> Hoffman MD, Ingwersen JL, Rogers IR, et al. Increasing creatine phosphokinase concentrations at the 161-km Western States Endurance Run. *Wilderness Environ Med*. 2012; 23:56–60.
- <sup>5</sup> Hoffman MD, Stuenkel KJ, Fogard K, et al. Urine dipstick analysis for identification of runners susceptible to acute kidney injury following an ultra-marathon. *J Sports Sci*. 2013; 31:20–31.
- <sup>6</sup> Asplund CA, O’Connor FG, Noakes TD. Exercise-associated collapse: an evidence-based review and primer for clinicians. *Br J Sports Med*. 2011; 45:1157–62.
- Speedy DB, Noakes TD, Holtzhausen LM. Exercise-associated collapse: postural hypotension, or something deadlier? *Phys Sportsmed*. 2003;31:23–9.
- <sup>8</sup> Holtzhausen LM, Noakes TD. Collapsed ultraendurance athlete: proposed mechanisms and an approach to management. *Clin J Sport Med*. 1997; 7:292–301.
- <sup>9</sup> Childress MA, O’Connor FG, Levine BD. Exertional collapse in the runner: evaluation and management in fieldside and officebased settings. *Clin Sports Med*. 2010; 29:459–76.
- <sup>10</sup> Noakes TD. Reduced peripheral resistance and other factors in marathon collapse. *Sports Med*. 2007; 37:382–5.
- <sup>11</sup> Hoffman MD, Stuenkel KJ, Fogard K, et al. Urine dipstick analysis for identification of runners susceptible to acute kidney injury following an ultra-marathon. *J Sports Sci*. 2013; 31:20–31.
- <sup>12</sup> Patel DR, Gyamfi R, Torres A. Exertional rhabdomyolysis and acute kidney injury. *Phys Sportsmed*. 2009; 37:71–9.
- <sup>13</sup> Kim JH, Malhotra R, Chiampas G, et al. Cardiac arrest during long-distance running races. *New Engl J Med*. 2012; 366:130–40.
- <sup>14</sup> Webner D, DuPrey KM, Drezner JA, et al. Sudden cardiac arrest and death in United States marathons. *Med Sci Sports Exerc*. 2012; 44:1843–5.



- <sup>15</sup> Krabak BJ, Waite B, Lipman G. Injury and illnesses prevention for ultra-marathoners. *Curr Sports Med Rep*. 2013; 12:183–9.
- <sup>16</sup> Edelman IS, Leibman J, O'Meara MP, et al. Interrelations between serum sodium concentration, serum osmolarity and total exchangeable sodium, total exchangeable potassium and total body water. *J Clin Invest*. 1958;37:1236–1256.
- <sup>17</sup> Nguyen MK, Kurtz I. Determinants of plasma water sodium concentration as reflected in the Edelman equation: role of osmotic and Gibbs-Donnan equilibrium. *Am J Physiol Renal Physiol*. 2004;286:F828–F837
- <sup>18</sup> Spasovski G, Vanholder R, Allolio B, et al. Clinical practice guideline on diagnosis and treatment of hyponatraemia. *Eur J Endocrinol*. 2014; 170:G1–G47.
- <sup>19</sup> Verbalis JG, Goldsmith SR, Greenberg A, et al. Hyponatremia treatment guidelines 2007: expert panel recommendations. *Am J Med*. 2007; 120:S1–S21.
- <sup>20</sup> Ayus JC, Wheeler JM, Arieff AI. Postoperative hyponatremic encephalopathy in menstruant women. *Ann Intern Med*. 1992;117:891–897.
- <sup>21</sup> Tam N, Hew-Butler T, Papadopoulou E, et al. Fluid intake and changes in blood biochemistry, running speed and body mass during an 89km mountain trail race. *Medicina Sportiva*. 2009;13:108–115.
- <sup>22</sup> Ayus JC, Varon J, Arieff AI. Hyponatremia, cerebral edema, and noncardiogenic pulmonary edema in marathon runners. *Ann Intern Med*. 2000;132:711–714.
- <sup>23</sup> Stefanko G, Lancashire B, Coombes JS, et al. Learning from errors: pulmonary oedema and hyponatraemia after an ironman triathlon. *BMJ Case Rep*. 2009. Epub ahead of print. doi:10.1136/bcr.04.2009.1764.
- <sup>24</sup> Draper SB, Mori KJ, Lloyd-Owen S, et al. Overdrinking-induced hyponatraemia in the 2007 London Marathon. *BMJ Case Rep*. 2009;2009.
- <sup>25</sup> Clark JM, Gennari FJ. Encephalopathy due to severe hyponatremia in an ultramarathon runner. *West J Med*. 1993;159:188–189.
- <sup>26</sup> Stuempfle KJ, Lehmann DR, Case HS, et al. Hyponatremia in a cold weather ultraendurance race. *Alaska Med*. 2002;4:51–55.
- <sup>27</sup> Sharwood K, Collins M, Goedecke J, et al. Weight changes, sodium levels, and performance in the South African Ironman Triathlon. *Clin J Sport Med*. 2002;12:391–399.
- <sup>28</sup> Hew-Butler T, Dugas JP, Noakes TD, et al. Changes in plasma vasopressin concentrations in cyclists participating in a 109 km cycle race. *Br J Sports Med*. 2010;44:594–598.
- <sup>29</sup> Chlibkova D, Knechtle B, Rosemann T, et al. The prevalence of exercise-associated hyponatremia in 24-hour ultra-mountain bikers, 24 hour ultra-runners and multi-stage ultra-mountain bikers in the Czech Republic. *J Int Soc Sports Nutr*. 2014;11:3.
- <sup>30</sup> Rust CA, Knechtle B, Knechtle P, et al. No case of exercise-associated hyponatraemia in top male ultra-endurance cyclists: the “Swiss Cycling Marathon.” *Eur J Appl Physiol*. 2012;112:689–697.
- <sup>31</sup> Mettler S, Rusch C, Frey WO, et al. Hyponatremia among runners in the Zurich Marathon. *Clin J Sport Med*. 2008;18:344–349.

- <sup>32</sup> Wagner S, Knechtle B, Knechtle P, et al. Higher prevalence of exercise-associated hyponatremia in female than in male open-water ultra-endurance swimmers: the “Marathon-Swim” in Lake Zurich. *Eur J Appl Physiol.* 2012;112:1095–1106.
- <sup>33</sup> Kipps C, Sharma S, Tunstall PD. The incidence of exercise-associated hyponatraemia in the London Marathon. *Br J Sports Med.* 2011;45:14–19.
- <sup>34</sup> Spasovski G, Vanholder R, Allolio B, et al. Clinical practice guideline on diagnosis and treatment of hyponatraemia. *Eur J Endocrinol.* 2014; 170:G1–G47.
- <sup>35</sup> Chorley J, Cianca J, Divine J. Risk factors for exercise-associated hyponatremia in non-elite marathon runners. *Clin J Sport Med.* 2007;7: 471–477.
- <sup>36</sup> Hiller DB, O’Toole ML, Fortress EE, et al. Medical and physiological considerations in triathlons. *Am J Sports Med.* 1987;15:164–168.
- <sup>37</sup> Cairns RS, Hew-Butler T. Incidence of exercise-associated hyponatremia and its association with nonosmotic stimuli of arginine vasopressin in the GNW100s ultra-endurance marathon. *Clin J Sport Med.* 2014;25: 347–354.
- <sup>38</sup> Ayus JC, Varon J, Arieff AI. Hyponatremia, cerebral edema, and noncardiogenic pulmonary edema in marathon runners. *Ann Intern Med.* 2000;132:711–714.
- <sup>39</sup> Hew-Butler T, Hoffman MD, Stuempfle KJ, et al. Changes in copeptin and bioactive vasopressin in runners with and without hyponatremia. *Clin J Sport Med.* 2011;21:211–217.
- <sup>40</sup> Dimeff RJ. Seizure disorder in a professional American football player. *Curr Sports Med Rep.* 2006;5:173–176.
- <sup>41</sup> Herfel R, Stone CK, Koury SI, et al. Iatrogenic acute hyponatraemia in a college athlete. *Br J Sports Med.* 1998;32:257–258.
- <sup>42</sup> Hew-Butler T, Jordaan E, Stuempfle KJ, et al. Osmotic and non-osmotic regulation of arginine vasopressin during prolonged endurance exercise. *J Clin Endocrinol Metab.* 2008;93:2072–2078.
- <sup>43</sup> Hiller DB, O’Toole ML, Fortress EE, et al. Medical and physiological considerations in triathlons. *Am J Sports Med.* 1987;15:164–168.
- <sup>44</sup> O’Toole ML, Douglas PS, Laird RH, et al. Fluid and electrolyte status in athletes receiving medical care at an ultradistance triathlon. *Clin J Sport Med.* 1995;5:116–122.
- <sup>45</sup> Garigan TP, Ristedt DE. Death from hyponatremia as a result of acute water intoxication in an Army basic trainee. *Mil Med.* 1999; 164:234–238.
- <sup>46</sup> Cairns RS, Hew-Butler T. Incidence of exercise-associated hyponatremia and its association with nonosmotic stimuli of arginine vasopressin in the GNW100s ultra-endurance marathon. *Clin J Sport Med.* 2014;25: 347–354.
- <sup>47</sup> Thompson J, Wolff AJ. Hyponatremic encephalopathy in a marathon runner. *Chest.* 2003;124:313S.
- <sup>49</sup> Draper SB, Mori KJ, Lloyd-Owen S, et al. Overdrinking-induced hyponatraemia in the 2007 London Marathon. *BMJ Case Rep.* 2009;2009.
- <sup>50</sup> Petzold A, Keir G, Appleby I. Marathon related death due to brainstem herniation in rehydration-related hyponatremia: a case report. *J Med Case Rep.* 2007;1:186
- <sup>51</sup> Scotney B, Reid S. Body weight, serum sodium levels, and renal function in an ultra-distance mountain run. *Clin J Sport Med.* 2014;25: 341–346.
- <sup>52</sup> Clark JM, Gennari FJ. Encephalopathy due to severe hyponatremia in an ultramarathon runner. *West J Med.* 1993;159:188–189.



- <sup>53</sup> Reid SA, Speedy DB, Thompson JM, et al. A study of haematological and biochemical parameters in runners completing a standard marathon. *Clin J Sport Med*. 2004;14:344–353.
- <sup>54</sup> Lebus DK, Casazza GA, Hoffman MD, et al. Can changes in body mass and total body water accurately predict hyponatremia following a 161-km running race? *Clin J Sport Med*. 2010;20:193–199.
- <sup>55</sup> Hoffman MD, Hew-Butler T, Stuenkel KJ. Exercise-associated hyponatremia and hydration status in 161-km ultramarathoners. *Med Sci Sports Exerc*. 2013;45:784–791.
- <sup>56</sup> Hoffman MD, Stuenkel KJ, Rogers IR, et al. Hyponatremia in the 2009 161-km western states endurance run. *Int J Sports Physiol Perform*. 2012;7:6–10.
- <sup>57</sup> Speedy DB, Noakes TD, Rogers IR, et al. Hyponatremia in ultradistance triathletes. *Med Sci Sports Exerc*. 1999;31:809–815.
- <sup>58</sup> Almond CS, Shin AY, Fortescue EB, et al. Hyponatremia among runners in the Boston Marathon. *N Engl J Med*. 2005;352:1550–1556.
- <sup>59</sup> Jones BL, O'Hara JP, Till K, et al. Dehydration and hyponatremia in professional rugby union players: a cohort study observing english premiership rugby union players during match play, field, and gym training in cool environmental conditions. *J Strength Cond Res*. 2015; 29:107–115.
- <sup>61</sup> Hew TD, Chorley JN, Cianca JC, et al. The incidence, risk factors, and clinical manifestations of hyponatremia in marathon runners. *Clin J Sport Med*. 2003;13:41–47.
- <sup>62</sup> Siegel AJ, Verbalis JG, Clement S, et al. Hyponatremia in marathon runners due to inappropriate arginine vasopressin secretion. *Am J Med* 2007;120:461.e11–467.e17.
- <sup>63</sup> Blevins R, Apel T. Preps sports report. The Clarion-Ledger. 2014. <http://www.clarionledger.com/story/prepsreport/2014/08/25/walkerwilbanks-cause-of-death-related-to-over-hydration/14598215/>. Accessed April 28, 2015.
- <sup>64</sup> Stevens A. Update: Douglas county football player has died. Atlanta J Const. 2015. <http://www.ajc.com/news/news/family-douglas-countyfootball-player-has-no-brain/ngy2X/>. Accessed April 28, 2015.
- <sup>65</sup> Sydney Morning Herald. Bushwalker died from drinking too much water. Sydney Morning Herald. September 17, 2012. <http://www.smh.com.au/national/bushwalker-died-from-drinking-too-much-water-20120917-2621c.html>. Accessed April 28, 2015.
- <sup>66</sup> Baumgardner A. Au Sable River Canoe Marathon pushes paddlers to the limits. The Bay City Times. 2009. [http://www.mlive.com/sports/saginaw/index.ssf/2009/07/au\\_sable\\_river\\_canoe\\_marathon.html](http://www.mlive.com/sports/saginaw/index.ssf/2009/07/au_sable_river_canoe_marathon.html). Accessed April 28, 2015.
- <sup>67</sup> Vega C. 8 charged in Chico hazing death. SFGate. 2005. <http://www.sfgate.com/cgi-bin/article.cgi?file=/c/a/2005/03/04/HAZING.TMP>. Accessed April 28, 2015.
- <sup>68</sup> Wilber DQ, Brown D. District officer dies after bike ride. Over-hydration cited as factor. Washington Post. 2005. <http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2005/08/10/AR200508100146>. Accessed April 28, 2015.
- <sup>69</sup> Electrolyte imbalance blamed in death of football player. Coroner's office says athlete failed to replenish lost sodium. 2008. <http://www.turnto23.com/print/17338293/detail.html>. Accessed September 2, 2008.
- <sup>70</sup> Lee JK, Nio AQ, Ang WH, et al. First reported cases of exercise-associated hyponatremia in Asia. *Int J Sports Med*. 2011;32:297–302.

- <sup>71</sup> Noakes TD, Sharwood K, Speedy D, et al. Three independent biological mechanisms cause exercise-associated hyponatremia: evidence from 2,135 weighed competitive athletic performances. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2005;102:18550–18555.
- <sup>72</sup> Hoffman MD, Stuenkel KJ, Sullivan K, et al. Exercise-associated hyponatremia with exertional rhabdomyolysis: importance of proper treatment. *Clin Nephrol*. 2015;83:235–242.
- <sup>73</sup> Backer HD, Shopes E, Collins SL, et al. Exertional heat illness and hyponatremia in hikers. *Am J Emerg Med*. 1999;7:532–539.
- <sup>75</sup> Zelingher J, Putterman C, Ilan Y, et al. Case series: hyponatremia associated with moderate exercise. *Am J Med Sci*. 1996;311:86–91.
- <sup>76</sup> O'Brien KK, Montain SJ, Corr WP, et al. Hyponatremia associated with overhydration in U.S. Army trainees. *Mil Med*. 2001;166:405–410.
- <sup>79</sup> Glace B, Murphy C. Severe hyponatremia develops in a runner following a half-marathon. *JAAPA*. 2008;21:27–29.
- <sup>82</sup> Reynolds CJ, Cleaver BJ, Finlay SE. Exercise associated hyponatraemia leading to tonic-clonic seizure. *BMJ Case Rep*. 2012;2012.
- <sup>84</sup> Armstrong LE, Curtis WC, Hubbard RW, et al. Symptomatic hyponatremia during prolonged exercise in heat. *Med Sci Sports Exerc*. 1993; 25:543–549.
- <sup>85</sup> Baker LB, Munce TA, Kenney WL. Sex differences in voluntary fluid intake by older adults during exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2005;37:789–796.
- <sup>86</sup> Noakes TD, Wilson G, Gray DA, et al. Peak rates of diuresis in healthy humans during oral fluid overload. *S Afr Med J*. 2001;91:852–857.
- <sup>87</sup> Speedy DB, Noakes TD, Boswell T, et al. Response to a fluid load in athletes with a history of exercise induced hyponatremia. *Med Sci Sports Exerc*. 2001;33:1434–1442.
- <sup>88</sup> Sports dietitians Australia. Fact sheet sports drinks. 2011. <http://sportsdietitians.com.au/resources/upload/110616%20Sports%20Drinks.pdf>. Accessed April 28, 2105
- <sup>89</sup> Montain SJ, Chevront SN, Sawka MN. Exercise associated hyponatraemia: quantitative analysis to understand the aetiology. *Br J Sports Med*. 2006;40:98–105.
- <sup>90</sup> Weschler LB. Exercise-associated hyponatremia: a mathematical review. *Sports Med*. 2005;35:899–922
- <sup>91</sup> Davis DP, Videen JS, Marino A, et al. Exercise-associated hyponatremia in marathon runners: a two-year experience. *J Emerg Med*. 2001; 21:47–57.
- <sup>92</sup> Wharam PC, Speedy DB, Noakes TD, et al. NSAID use increases the risk of developing hyponatremia during an Ironman triathlon. *Med Sci Sports Exerc*. 2006;38:618–622
- <sup>93</sup> Baker J, Cotter JD, Gerrard DF, et al. Effects of indomethacin and celecoxib on renal function in athletes. *Med Sci Sports Exerc*. 2005; 37:712–717.
- <sup>94</sup> Walker RJ, Fawcett JP, Flannery EM, et al. Indomethacin potentiates exercise-induced reduction in renal hemodynamics in athletes. *Med Sci Sports Exerc*. 1994;26:1302–1306.
- <sup>95</sup> Ayus JC, Olivero JJ, Frommer JP. Rapid correction of severe hyponatremia with intravenous hypertonic saline solution. *Am J Med*. 1982;72:43–48.
- <sup>96</sup> Finkel KW. Water intoxication presenting as a suspected contaminated urine sample for drug testing. *South Med J*. 2004;97:611–613.
- <sup>97</sup> Fox BD. Crash diet potomania. *Lancet*. 2002;359:942.

- <sup>98</sup> Thaler SM, Teitelbaum I, Berl T. “Beer potomania” in non-beer drinkers: effect of low dietary solute intake. *Am J Kidney Dis*. 1998; 31:1028–1031.
- <sup>99</sup> Brown MB, Haack KK, Pollack BP, et al. Low abundance of sweat duct Cl<sup>-</sup> channel CFTR in both healthy and cystic fibrosis athletes with exceptionally salty sweat during exercise. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2011;300:R605–R615.
- <sup>100</sup> Khodae M, Luyten D, Hew-Butler T. Exercise-associated hyponatremia in an ultra-endurance mountain biker: a case report. *Sports Health*. 2013;5:334–336.
- <sup>101</sup> Brown MB, McCarty NA, Millard-Stafford M. High-sweat Na<sup>+</sup> in cystic fibrosis and healthy individuals does not diminish thirst during exercise in the heat. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2011; 301:R1177–R1185.
- <sup>102</sup> Brunstrom JM, Tribbeck PM, MacRae AW. The role of mouth state in the termination of drinking behavior in humans. *Physiol Behav*. 2000; 68:579–583.
- <sup>103</sup> Saunders CJ, de Milander L, Hew-Butler T, et al. Dipsogenic genes associated with weight changes during Ironman Triathlons. *Hum Mol Genet*. 2006;15:2980–2987.
- <sup>105</sup> Smith HR, Dhatt GS, Melia WM, et al. Cystic fibrosis presenting as hyponatraemic heat exhaustion. *BMJ*. 1995;310:579–580.
- <sup>106</sup> Lewis DP, Hoffman MD, Stuempfle KJ, et al. The need for salt: does a relationship exist between cystic fibrosis and exercise-associated hyponatremia? *J Strength Cond Res*. 2014;28:807–813.
- <sup>107</sup> Dave S, Honney S, Raymond J, et al. An unusual presentation of cystic fibrosis in an adult. *Am J Kidney Dis*. 2005;45:e41–e44.
- <sup>108</sup> Augusto JF, Sayegh J, Malinge MC, et al. Severe episodes of extra cellular dehydration: an atypical adult presentation of cystic fibrosis. *Clin Nephrol*. 2008;69:302–305.
- <sup>109</sup> Epauld R, Girodon E, Corvol H, et al. Mild cystic fibrosis revealed by persistent hyponatremia during the French 2003 heat wave, associated with the S1455X C-terminus CFTR mutation. *Clin Genet*. 2005;68:552–553.
- <sup>110</sup> Priou-Guesdon M, Malinge MC, Augusto JF, et al. Hypochloremia and hyponatremia as the initial presentation of cystic fibrosis in three adults. *Ann Endocrinol (Paris)*. 2010;71:46–50.
- <sup>111</sup> Cystic Fibrosis Foundation Patient Registry. 2012 Annual Data Report. Bethesda, MD: Cystic Fibrosis Foundation; 2012:1–32.
- <sup>112</sup> Wheatley CM, Wilkins BW, Snyder EM. Exercise is medicine in cystic fibrosis. *Exerc Sport Sci Rev*. 2011;39:155–160.
- <sup>113</sup> Stone M, Edwards J, Stemmans C, et al. Certified athletic trainers’ perceptions of exercise associated muscle cramps. *J Sport Rehabil*. 2003;12:333–342.
- <sup>114</sup> Miller KC, Mack GW, Knight KL, et al. Three percent hypohydration does not affect threshold frequency of electrically induced cramps. *Med Sci Sports Exerc*. 2010;42:2056–2063.
- <sup>115</sup> Braulick KW, Miller KC, Albrecht JM, et al. Significant and serious dehydration does not affect skeletal muscle cramp threshold frequency. *Br J Sports Med*. 2013;47:710–714.
- <sup>116</sup> Schweltnus MP, Allie S, Derman W, et al. Increased running speed and pre-race muscle damage as risk factors for exercise-associated muscle cramps in a 56 km ultra-marathon: a prospective cohort study. *Br J Sports Med*. 2011;45:1132–1136.

- <sup>117</sup> Schweltnus MP, Nicol J, Laubscher R, et al. Serum electrolyte concentrations and hydration status are not associated with exercise associated muscle cramping (EAMC) in distance runners. *Br J Sports Med*. 2004;38:488–492.
- <sup>118</sup> Rothwell SP, Rosengren D. Severe exercise-associated hyponatremia on the Kokoda Trail, Papua New Guinea. *Wilderness Environ Med*. 2008; 19:42–44.
- <sup>119</sup> Noakes TD, Goodwin N, Rayner BL, et al. Water intoxication: a possible complication during endurance exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 1985;17:370–375.
- <sup>120</sup> Schrier RW. Does “asymptomatic hyponatremia” exist? *Nat Rev Nephrol*. 2010;6:185.
- <sup>121</sup> Helwig FC, Schutz CB, Curry DE. Water intoxication: report of a fatal human case with clinical, pathologic and experimental studies. *JAMA*. 1935;104:1569–1575.
- <sup>122</sup> Frizzell RT, Lang GH, Lowance DC, et al. Hyponatremia and ultramarathon running. *JAMA*. 1986;255:772–774.
- <sup>123</sup> Irving RA, Noakes TD, Buck R, et al. Evaluation of renal function and fluid homeostasis during recovery from exercise-induced hyponatremia. *J Appl Physiol*. 1991;70:342–348.
- <sup>124</sup> Noakes TD, Sharwood K, Collins M, et al. The dipsomania of great distance: water intoxication in an Ironman triathlete. *Br J Sports Med*. 2004;38:E16.
- <sup>125</sup> Speedy DB, Rogers IR, Safih S, et al. Profound hyponatremia and seizures in an Ironman triathlete. *J Emerg Med*. 2000;18:41–44.
- <sup>126</sup> Rosner MH, Kirven J. Exercise-associated hyponatremia. *Clin J Am Soc Nephrol*. 2007;2:151–161.
- <sup>130</sup> Rowe JW, Shelton RL, Helderman JH, et al. Influence of the emetic reflex on vasopressin release in man. *Kidney Int*. 1979;16:729–735.
- <sup>131</sup> Baylis PH, Zerbe RL, Robertson GL. Arginine vasopressin response to insulin-induced hypoglycemia in man. *J Clin Endocrinol Metab*. 1981; 53:935–940.
- <sup>132</sup> Takamata A, Mack GW, Stachenfeld NS, et al. Body temperature modification of osmotically induced vasopressin secretion and thirst in humans. *Am J Physiol*. 1995;269:R874–R880.
- <sup>133</sup> Verbalis JG. Disorders of body water homeostasis. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab*. 2003;17:471–503.
- <sup>134</sup> Hew-Butler TD, Boulter J, Bhorat R, et al. Avoid adding insult to injury—correct management of sick female endurance athletes. *S Afr Med J*. 2012; 102:927–930.
- <sup>135</sup> Leaf A. The clinical and physiologic significance of the serum sodium concentration. *N Engl J Med*. 1962;267:77–83.
- <sup>136</sup> Chung HM, Kluge R, Schrier RW, et al. Clinical assessment of extracellular fluid volume in hyponatremia. *Am J Med*. 1987;83:905–908.
- <sup>137</sup> Fenske W, Stork S, Koschker A, et al. Value of fractional uric acid excretion in differential diagnosis of hyponatremic patients on diuretics. *J Clin Endocrinol Metab*. 2008;93:2991–2997.
- <sup>138</sup> Fenske W, Maier KG, Blechschmidt A, et al. Utility and limitations of the traditional diagnostic approach to hyponatremia: a diagnostic study. *Am J Med*. 2010;123:652–657.



- <sup>139</sup> Owen BE, Rogers IR, Hoffman MD, et al. Efficacy of oral versus intravenous hypertonic saline
- <sup>144</sup> Hato T, Ng R. Diagnostic value of urine sodium concentration in hyponatremia due to syndrome of inappropriate antidiuretic hormone secretion versus hypovolemia. *Hawaii Med J.* 2010;69:264–267.
- <sup>147</sup> Anley C, Noakes T, Collins M, et al. A comparison of two treatment protocols in the management of exercise-associated postural hypotension: a randomised clinical trial. *Br J Sports Med.* 2011;45:1113–1118.
- <sup>148</sup> Asplund CA, O'Connor FG, Noakes TD. Exercise-associated collapse: an evidence-based review and primer for clinicians. *Br J Sports Med.* 2011;45:1157–1162.
- <sup>149</sup> Au-Yeung KL, Wu WC, Yau WH, et al. A study of serum sodium level among Hong Kong runners. *Clin J Sport Med.* 2010;20:482–487.
- <sup>150</sup> Hew-Butler T, Boulter J, Godlonton J, et al. Hyponatremia and intravenous fluid Resuscitation in collapsed ultramarathon runners. *Clin J Sport Med.* 2008;18:273–278.
- <sup>151</sup> Coler C, Hoffman MD, Towle G, et al. Hyponatremia in an 85-year-old hiker: when depletion plus dilution produces delirium. *Wilderness Environ Med.* 2012;23:153–157.
- <sup>164</sup> Sawka MN, Burke LM, Eichner ER, et al. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39:377–390.
- <sup>165</sup> Cheuvront SN, Carter R III, Montain SJ, et al. Daily body mass variability and stability in active men undergoing exercise-heat stress. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2004;14:532–540.
- <sup>166</sup> Hoffman MD, Stuenkel KJ. Hydration strategies, weight change and performance in a 161 km ultramarathon. *Res Sports Med.* 2014;22:213–225.
- <sup>168</sup> Hoffman MD, Fogard K, Winger J, et al. Characteristics of those with exercise-associated hyponatremia after a 161-km run. *Res Sports Med.* 2012;21:164–175.
- <sup>174</sup> Vrijens DM, Rehrer NJ. Sodium-free fluid ingestion decreases plasma sodium during exercise in the heat. *J Appl Physiol.* 1999; 86:1847–1851.
- <sup>175</sup> Twerenbold R, Knechtle B, Kakebeeke TH, et al. Effects of different sodium concentrations in replacement fluids during prolonged exercise in women. *Br J Sports Med.* 2003;37:300–303.
- <sup>176</sup> Del Coso J, Gonzalez-Millan C, Salinero JJ, et al. Effects of oral salt supplementation on physical performance during a half-ironman: a randomized controlled trial. *Scand J Med Sci Sports.* 2015. Epub ahead of print.
- <sup>178</sup> Luks AM, Robertson HT, Swenson ER. An ultracyclist with pulmonary edema during the Bicycle Race across America. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39:8–12.
- <sup>180</sup> Speedy DB, Rogers IR, Noakes TD, et al. Diagnosis and prevention of hyponatremia at an ultradistance triathlon. *Clin J Sport Med.* 2000;10: 52–58.
- <sup>182</sup> Hew-Butler T, Sharwood K, Boulter J, et al. Dysnatremia predicts a delayed recovery in collapsed ultramarathon runners. *Clin J Sport Med.* 2007;17:289–296.

- <sup>185</sup> Shirreffs SM, Maughan RJ. Whole body sweat collection in humans: an improved method with preliminary data on electrolyte content. *J Appl Physiol.* 1997;82:336–341.
- <sup>187</sup> Fowkes-Godek S, Bartolozzi AR, Godek JJ. Sweat rate and fluid turn-over in American football players compared with runners in a hot and humid environment. *Br J Sports Med.* 2005;39:205–211.
- <sup>197</sup> Jones RM, Terhaard C, Zullo J, Tenney SM. *Am J Physiol.* Mechanism of reduced water intake in rats at high altitude. 1981 Mar;240(3):R187-91.
- <sup>198</sup> Hew-Butler TD, Sharwood K, Collins M, et al. Sodium supplementation is not required to maintain serum sodium concentrations during an Ironman triathlon. *Br J Sports Med.* 2006;40:255–259.
- <sup>199</sup> Hew-Butler T, Rosner MH, Fowkes-Godek S, et al. Statement of the 3rd International Exercise-Associated Hyponatremia Consensus Development Conference, Carlsbad, California, 2015. *Br J Sports Med.* 2015 Jul 30. PMID: 26227507

## VII. ANNEXES

### 1. Questionnaire pré-course

« Cher coureur, en tant que participant à l'Ultra-Trail du Mont-Blanc (UTMB) 2015 vous êtes invité à participer à une recherche clinique qui implique de répondre à ce court questionnaire sur la stratégie d'hydratation prévue durant la course de l'UTMB 2015. Le temps de réponse est de moins de 5 minutes.

Toutes vos réponses sont codées par un numéro spécial et votre nom ne sera pas associé à cette enquête.

Merci encore de votre participation. »

**Q1 En quelle année avez-vous commence à courir?**

**Q2 En quelle année avez-vous commence à pratiquer l'ultra-trail?**

**Q3 Combien d'ultra-trails de plus de 160kms avez-vous finis?**

**Q4 Combien d'ultra-trails de plus de 160kms n'avez-vous pas finis?**

**Q5 Quelle est votre distance MOYENNE courue par semaine dans les trois mois avant l'UTMB?**

- ☐ en miles (1) \_\_\_\_\_
- ☐ ou en km (2) \_\_\_\_\_

**Q6 Quelle est la plus longue distance que vous avez courue en une semaine dans les trois mois avant l'UTMB?**

- ☐ en miles (1) \_\_\_\_\_
- ☐ ou en km (2) \_\_\_\_\_

**Q7 Quelle est la plus longue course ou le plus long entrainement que vous avez réalisé dans les trois mois avant l'UTMB?**

- ☐ en miles (1) \_\_\_\_\_
- ☐ ou en km (2) \_\_\_\_\_

**Q8 Si vous prenez des médicaments régulièrement, merci de les noter ici:**

- 
- 
-

**Q9 Quel est le facteur principal auquel vous vous fiez pour évaluer votre besoin d'hydratation durant la course? (Merci de sélectionner un ou plusieurs facteurs.)**

	UTMB 2015
La soif (1)	
Un protocole déterminé à l'avance selon la distance ou le temps (2)	
Le maximum que vous pourrez tolérer (3)	
Un volume égal à ma perte de poids (4)	
La couleur de mes urines (5)	
Autres (merci de préciser)	
Autres (merci de préciser)	
Autres (merci de préciser)	



**Q10 Qu'allez-vous boire en priorité durant la course? (Merci de ne cocher qu'une seule option.)**

	UTMB 2015
Seulement de l'eau (1)	
Principalement de l'eau et un peu de boisson isotonique (2)	
De l'eau et des boissons isotoniques de manière équivalente (3)	
Principalement des boissons isotoniques et un peu d'eau (4)	
Seulement des boissons isotoniques (5)	
Autres (merci de préciser) (6)	
Autres (merci de préciser) (7)	
Autres (merci de préciser) (8)	

**Q11 Allez-vous utiliser des suppléments en sel en plus de l'alimentation (capsule de sel, sachets de sel)**

- ☐ Oui  
☐ Non

## 2. Questionnaire post-course

« Cher coureur, en tant que participant à l'Ultra-Trail du Mont-Blanc (UTMB) 2015 vous êtes invité à participer à une recherche clinique qui implique de répondre à ce court questionnaire sur les symptômes ressentis durant la course. En outre, il est très important que vous remplissiez ce questionnaire même si vous n'avez ressentis aucun symptôme pendant la course. Le temps de réponse est de moins de 5 minutes.

Votre participation permet de compléter les données recueillies avant et après la course par la prise de poids et les dosages biologiques. Il peut parfois être difficile de se rappeler certaines des informations demandées, essayer de faire au plus proche de vos souvenirs. Toutes vos réponses sont codées par un numéro spécial et votre nom ne sera pas associé à cette enquête. Seules les personnes directement impliquées dans ce projet de recherche auront accès à ces données.

Merci encore de votre participation.

Si vous utilisez des supplementations salées

**Q12 Quel est le nombre de supplementations salées que vous comptez utiliser durant la course? (Pour chaque type de supplementation salée, merci d'indiquer le nombre.)**

	UTMB 2015
Succeed S! Caps (1)	
Hammer Enduro- lyte Capsules (2)	
Hammer Enduro- lytes Fizz Tablets (3)	
SaltStick Caps (4)	
SaltStick Caps Plus (5)	
Nuun Electrolyte Enhanced Drink Tabs (6)	
GU Roctane Electrolyte Cap- sules (7)	

GU Brew Electrolyte Tablets (8)	
Lava Salts Capsules (9)	
Autres (merci de préciser) (10)	
Autres (merci de préciser) (11)	
Autres (merci de préciser) (12)	

**Q13 La série de question suivante concerne les symptômes gastro-intestinaux que vous avez ressentis pendant la course. Merci de noter la sévérité de chaque symptôme en utilisant l'échelle suivante "Aucun", "Légère", "Modérée", "Sévère", or "Très sévère".**

**Quels sont les symptômes que vous avez ressentis... AVANT LE DEBUT DE LA COURSE ?**

	Aucune (1)	Légère (2)	Modérée (3)	Sévère (4)	Très sévère (5)
Reflux/Régurgitations (1)					
Ballonnements abdominaux (2)					
Crampes d'estomac (3)					
Nausées (4)					
Vomissements (5)					
Crampes ou douleurs intestinales (6)					
Flatulences (7)					
Point de côté (8)					
Urgence à la selle (9)					
Diarhées (10)					
Sang dans les selles (11)					

**Q14 DU DEPART A COURMAYEUR ?**

	Aucune (1)	Légère (2)	Modérée (3)	Sévère (4)	Très sévère (5)
Reflux/Régurgitations (1)					
Ballonnements abdominaux (2)					
Crampes d'estomac (3)					
Nausées (4)					
Vomissements (5)					
Crampes ou douleurs intestinales (6)					
Flatulences (7)					
Point de côté (8)					
Urgence à la selle (9)					
Diarhées (10)					
Sang dans les selles (11)					

**Q15 DE COURMAYEUR A CHAMONIX ?**

	Aucune (1)	Légère (2)	Modérée (3)	Sévère (4)	Très sévère (5)
Reflux/Régurgitations (1)					
Ballonnements abdominaux (2)					
Crampes d'estomac (3)					
Nausées (4)					
Vomissements (5)					
Crampes ou douleurs intestinales (6)					
Flatulences (7)					
Point de côté (8)					
Urgence à la selle (9)					
Diarhées (10)					
Sang dans les selles (11)					

**Q16 Vos symptômes gastro-intestinaux ont-ils affectés selon vous vos performances?**

- ☐ Oui (1)  
☐ Non (2)

**Q17 Quels symptômes gastro-intestinaux aviez-vous déjà ressentis en courant AVANT L'UTMB? Merci de cocher une option pour chaque symptôme.**

	Jamais (1)	Rarement (2)	Occasionnelle- ment (3)	Fréquem- ment (4)	Toujours (5)
Reflux/Régurgita- tions (1)					
Ballonnements ab- dominaux (2)					
Crampes d'estomac (3)					
Nausées (4)					
Vomissements (5)					
Crampes ou dou- leurs intestinales (6)					
Flatulences (7)					
Point de côté (8)					
Urgence à la selle (9)					
Diarrhées (10)					
Sang dans les selles (11)					

**Q18 Avez-vous pris des médicaments (médicaments prescrits ou auto-médication) avant le départ ou pendant la course UTMB 2015? Si oui, merci de les noter ci-dessous:**

- ☐ Immédiatement avant la course: (1) \_\_\_\_\_  
☐ Du départ à Courmayeur: (2) \_\_\_\_\_  
☐ De Courmayeur à Chamonix: (3) \_\_\_\_\_

**Q19 Avez-vous ressentis des crampes musculaires durant la course UTMB 2015?**

- ☐ Oui (1)  
☐ Un peu, mais j'étais capable de les contrôler (2)  
☐ Non (3)

Merci de répondre si vous avez ressenti des crampes durant la course UTMB 2015?

**Q20 Quels sont les muscles ou vous avez ressenti des crampes durant la course?**

- ☐ Mollets (1)
- ☐ Quadriceps (devant la cuisse) (2)
- ☐ Ischio-jambiers (derrière la cuisse) (3)
- ☐ Fléchisseurs de hanche (muscles devant le pelvis et en haut de la cuisse) (4)
- ☐ Autre(s) (merci de préciser): (5) \_\_\_\_\_

Merci de répondre si vous avez ressenti des crampes durant la course UTMB 2015?

**Q21 Indiquez quelles sont les portions de la course ou vous avez ressenti des crampes.**

- ☐ Du départ à Courmayeur (1)
- ☐ De Courmayeur à Chamonix (2)

**Q22 Aviez-vous déjà eu des crampes dans les ultra-marathons précédents?**

- ☐ Oui (1)
- ☐ Non (2)

**Q23 Vous pouvez noter ci-dessous des informations complémentaires qui pourrez nous être utiles:**

## **VIII. SERMENT D'HIPPOCRATE**

*Au moment d'être admis à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité.*

*Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux.*

*Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité.*

*J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences.*

*Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences.*

*Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.*

*Admis dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés. Reçu à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs.*

*Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.*

*Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission.*

*Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.*

*J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.*

*Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonoré et méprisé si j'y manque.*

## **RESUME:**

La pratique sportive de l'ultra-trail est en constante augmentation. Avec des pertes potentielles pouvant atteindre plus de 0,5 à 2 litres par heure, l'hydratation est primordiale. Cependant, l'hyper-hydratation est le principal facteur de risque de l'hyponatrémie liée à l'effort dont l'incidence a pu atteindre 51% dans certains ultra-trails. Fort heureusement la plupart de ces hyponatrémies restent asymptomatiques mais 14 décès ont déjà pu être directement attribués aux complications associées: l'œdème cérébral et l'encéphalopathie liée à l'hyponatrémie. Récemment, la stratégie d'hydratation consistant à « boire à la soif » a démontré sa supériorité dans la prévention de l'HLE. Toutefois, ces études ont été menées sur des courses désertiques, dans des conditions de température et d'hygrométrie exceptionnelles. L'étude Natritrail voulait ainsi évaluer si ce protocole d'hydratation « à la soif » était robuste et applicable aux conditions de course de l'Ultra-Trail du Mont-Blanc®.

L'étude Natritrail est une étude prospective, monocentrique, en simple aveugle, comparative, composée de 196 coureurs répartis en deux bras selon le protocole d'hydratation choisi, « à la soif » ou « selon un autre protocole ». Le critère de jugement principal était la corrélation de la variation de natrémie et du protocole d'hydratation.

Les résultats de l'étude n'ont pas montré de supériorité du protocole d'hydratation « à la soif » sur la natrémie des coureurs. Sur 196 coureurs inclus, 100 coureurs étaient inclus dans le groupe « à la soif » et 96 coureurs dans le groupe « autre protocole ». Les coureurs du groupe « à la soif » avaient tendance à perdre plus de poids que les autres, restant tout de même dans des moyennes de déshydratation acceptables inférieures à 3%. Aucune différence significative n'était observée sur les caractéristiques, les variations de natrémie, la réussite de la course ou les effets indésirables entre les des deux groupes. L'incidence de l'hyponatrémie liée à l'effort fut particulièrement basse lors de cette édition, calculée à 1,5%.

Cette faible incidence de l'HLE peut être expliquée par les températures exceptionnelles de cette édition, le profil d'altitude de la course et son impact sur la soif mais aussi par les nombreux efforts mis en place pour diminuer les risques: conférences médicales médiatisées, substitutions salées aux ravitaillements, campagne d'information.

Pour autant, l'hydratation à la soif reste une méthode d'hydratation de choix dans la prévention de l'HLE. La substitution salée n'étant pas suffisante pour compenser l'hyper-hydratation, la promotion de cette méthode est primordiale pour garantir la santé des coureurs, comme le rappellent cette année les recommandations de la conférence de consensus de Carlsbad.